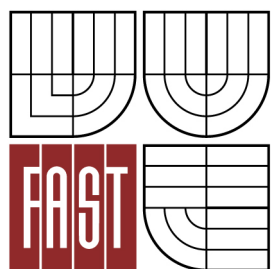




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKÁ NÁROČNOST PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

ENERGY PERFORMANCE OF DOMESTIC HOT WATER PREPARATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

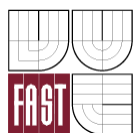
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. BLANKA HELÁNOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUCIE HOŘÍNKOVÁ

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. BLANKA HELÁNOVÁ
Název	Energetická náročnost přípravy teplé vody
Vedoucí diplomové práce	Ing. Lucie Hořínková
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení.

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

- Aktuální technická řešení v praxi
- Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)
- Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)
- Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Posouzení technického řešení s využitím metod energetického auditu a aktuální legislativy

- Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově
- Posouzení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující zadanou problematiku.

Předepsané přílohy

.....
Ing. Lucie Hořínková
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce na téma Energetická náročnost přípravy teplé vody se zabývá stanovením a porovnáním energetické náročnosti přípravy teplé vody v dvougeneračním rodinném domě s administrativní částí. Energetická náročnost přípravy teplé vody je stanovena dvěma výpočtovými metodami a experimentálním měřením, jež jsou v závěru porovnány. Výpočet je proveden podle normy ČSN 06 0320 a podle souboru norem ČSN EN 15316-3. Práce je zpracována v souladu s platnými legislativními předpisy.

Klíčová slova

Energetická náročnost přípravy teplé vody, teplá voda, potřeba teplé vody, potřeba tepla pro přípravu teplé vody, ztráty tepla, cirkulační okruh, zásobník teplé vody, tepelné čerpadlo, vstupní teplota vody, výstupní teplota vody (ze zásobníku).

Abstract

Master's thesis on Energy performance of domestic hot water preparation is concerned with calculating and comparing the energy performance of domestic hot water preparation in two-generation family house with an administrative part. Energy performance of domestic hot water preparation is calculated by two calculation methods and by experimental measurements, which are compared at the end of the thesis. The calculation is performed according to standard ČSN 06 0320 and set of standards ČSN EN 15316-3. Thesis is processed in accordance with valid legislative regulations.

Keywords

Energy performance of domestic hot water preparation, domestic hot water, need of domestic hot water, energy need for domestic hot water, thermal loss, circulation loop, domestic hot water storage tank, heat pump, cold water inlet temperature, hot water outlet storage tank temperature.

Bibliografická citace VŠKP

HELÁNOVÁ, Blanka. *Energetická náročnost přípravy teplé vody*. Brno, 2013. 117 s., 30 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Lucie Hořínková.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11.1.2013

.....
podpis autora
Blanka Helánová

Poděkování:

Touto cestou bych chtěla poděkovat Ing. Lucii Hořínkové, vedoucí mé diplomové práce, za trpělivost a rady při zpracování této práce a také svému nejbližšímu okolí za velkou podporu během studií a taktéž i za trpělivost.

V Brně dne 11.1.2013

.....
podpis autora
Blanka Helánová

Obsah

1. ÚVOD	4
2. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ.....	5
2.1. Analýza zadaného tématu	5
2.1.1. Popis zadané budovy	5
2.1.2. Cíl práce	8
2.2. Legislativní podklady	8
2.2.1. Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů.....	9
2.2.2. Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov.....	9
2.2.3. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody ve znění pozdějších předpisů	10
2.2.4. Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)	11
2.3. Normové podklady	11
2.3.1. ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Požadavky.....	11
2.3.2. ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování	12
2.3.3. ČSN EN 15316-3:2010 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy	12
3. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ	13
3.1. Návrh přípravy teplé vody dle ČSN 06 0320.....	13
3.1.1. Stanovení potřeby teplé vody	13
3.1.2. Stanovení potřeby tepla	14
3.1.3. Stanovení objemu zásobníku	15
3.1.4. Výpočet potřeby tepla pro zadaný objekt dle normy ČSN 06 0320.....	16
3.1.4.1. Bilance potřeby teplé vody a tepla pro zadaný objekt dle druhu budovy	17
3.1.4.2. Bilance potřeby teplé vody a tepla pro zadaný objekt dle činnosti.....	23
3.1.4.3. Rekapitulace vypočtených hodnot a stanovení ročních potřeb teplé vody a tepla pro její přípravu	28

3.2. Výpočet dle ČSN EN 15316-3 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy	30
3.2.1. ČSN EN 15316-3-1 Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody).....	30
3.2.1.1. Potřeba energie pro přípravu teplé vody na základě programů odběru vody.....	30
3.2.1.2. Potřeba energie pro přípravu teplé vody podle požadovaného objemu	31
3.2.1.3. Potřeba energie pro přípravu teplé vody založené na podlahové ploše	35
3.2.1.4. Tabulkové potřeby energie pro přípravu teplé vody	36
3.2.1.5. Rekapitulace vypočtených hodnot a stanovení ročních potřeb teplé vody a tepla pro její přípravu	36
3.2.2. ČSN EN 15316-3-2 Soustavy teplé vody, rozvody.....	37
3.2.2.1. Ztráty tepla samostatné části rozvodného potrubí	39
3.2.2.2. Ztráty tepla cirkulačním okruhem.....	63
3.2.2.3. Ztráty tepla příslušenstvím a nevyužitou teplou vodou	79
3.2.2.4. Pomocná energie	80
3.2.2.5. Rekapitulace ztrát tepla rozvodným potrubím a cirkulačním okruhem.....	82
3.2.3. ČSN EN 15316-3-3 Soustavy teplé vody, příprava	83
3.2.3.1. Ztráta tepla z nepřímo ohřívaného zásobníku teplé vody	83
3.2.3.2. Potrubní okruh zdroje tepla.....	85
3.2.3.3. Celková potřeba energie pro návrh zdroje tepla	86
3.2.3.4. Energetický výkon části soustavy pro výrobu tepla	89
4. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ	91
4.1. Cíl měření.....	92
4.2. Fyzický model – schéma zapojení vč. legendy přístrojů (říjen)	92
4.3. Sledované veličiny (říjen)	95
4.4. Postup měření (říjen).....	95
4.5. Výsledky měření (grafy, tabulky)	99
4.6. Závěr – zhodnocení výsledků.....	106
5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	110
5.1. Potřeba teplé vody.....	110
5.2. Potřeba tepla pro přípravu teplé vody	111
5.3. Objem zásobníku teplé vody	112

6. ZÁVĚR	113
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	114
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	116
9. SEZNAM PŘÍLOH.....	117

1. ÚVOD

Snížování spotřeby energie, využití obnovitelných a druhotných energetických zdrojů je jedním z cílů nejen Evropské unie, ale všech států, které se aktivně podílí na politice životního prostředí a energetiky. Jedním ze sektorů, kde je stále ještě potenciál úspor, jsou bytové objekty. Ke snížení energetické náročnosti těchto objektů vznikají různé dotační programy. Jedním ze zmíněných programů byl např. dotační program Zelená úsporám (2008-2012), který se na snížování energetické náročnosti budov podílel příspěvkem na zateplení objektů a integrací obnovitelných zdrojů a to v případě rekonstrukcí i novostaveb¹. Snížení energetické náročnosti budov (ENB) se také týká její dílčí části a to snížení spotřeby energie pro vytápění a přípravu teplé vody, přičemž pro hledání úspor (v případě stávajících objektů) je nejprve nutné stanovit stávající energetickou náročnost (v mém případě energetickou náročnost přípravy teplé vody) a to teoretickým výpočtem, popř. pomocí měření² nebo jejich kombinací, a následně navrhnout konkrétní opatření. Stanovení energetické náročnosti přípravy teplé vody je tedy nedílnou součástí Průkazu energetické náročnosti budov (PENB), který má podle nové legislativy (zákon č. 318/2012 Sb.) vlastník nebo společenství vlastníků jednotek povinnost zajistit. Teoretický výpočet energetické náročnosti přípravy teplé vody popisuje evropská norma ČSN EN 15316-3 a cílem mé diplomové práce je stanovit energetickou náročnost přípravy teplé vody daného objektu podle uvedené normy a výsledek porovnat s naměřenými hodnotami.

¹ Od roku 2013 startuje pokračování programu pod názvem Nová zelená úsporám. Zatím je program ve formě návrhu, který podléhá schvalování.

² Dle zákona č. 318/2012 s účinností od 1. 1. 2013 stanovení energetické náročnosti pouze teoretickým výpočtem (referenční budova).

2. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

2.1. Analýza zadaného tématu

Energetická náročnost přípravy teplé vody je nedílnou součástí ENB. Se zvyšujícím se trendem požadavků na tepelně-technickou ochranu budov, tvoří potřeba energie pro přípravu teplé vody podstatnou část z celkové potřeby energie budovy (týká se to zejména bytových objektů).

Pro budovu dvougeneračního rodinného domu s administrativní částí (podrobnější popis viz odstavec 2.1.1.) je proveden teoretický výpočet pro stanovení potřeby teplé vody a tepla pro její přípravu dvěma metodami, a to výpočtovou metodou dle ČSN 06 0320 a ČSN EN 15316-3. Získané hodnoty jsou na závěr porovnány s naměřenými hodnotami v rámci experimentální části zadaného tématu.

2.1.1. Popis zadané budovy

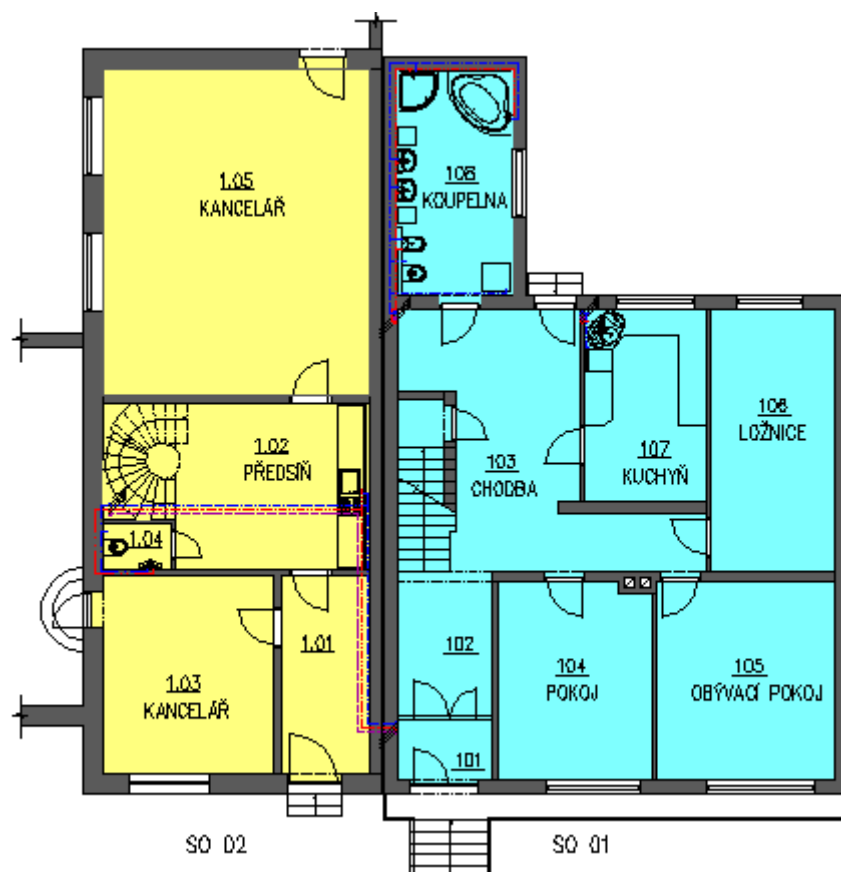
Jedná se o dvougenerační rodinný dům, který se sestává z objektu SO 01 a SO 02.



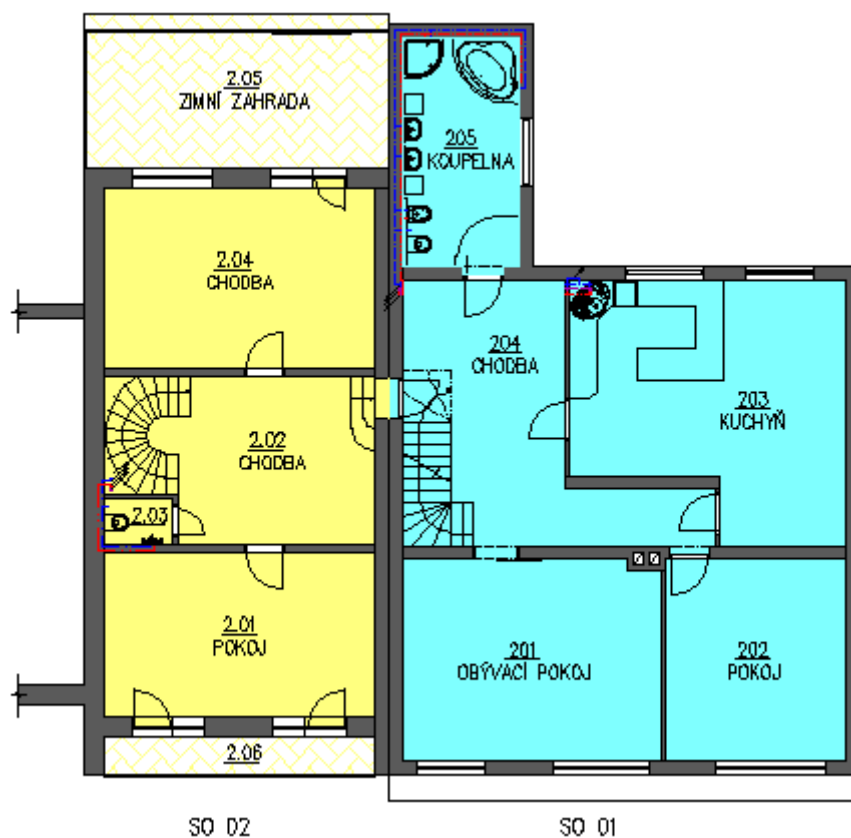
Obr. č. 1 Objekt SO 01 (zelený) a objekt SO 02 (žlutý)

Objekt SO 01 je tvořen jedním podzemním podlažím, dvěma nadzemními podlažními a půdní vestavbou. V 1.PP je navrženo technické zázemí objektu společné pro oba objekty, 1.NP je tvořeno 3 pokoji, kuchyní a koupelnou s WC. Ve 2.NP jsou 2 pokoje, kuchyň a koupelna s WC. Ze 2.NP vede schodiště do podkroví, které slouží jako pracovna.

Objekt SO 01 je součástí původní řadové zástavby, který byl od roku 1996 postupně rekonstruován. V rámci prvotní rekonstrukce proběhlo zateplení půdní vestavby, dále proběhla výměna oken a zateplení obvodových zdí. V další fázi rekonstrukce bylo přistavěno nové křídlo do dvora, kde jsou koupelny.



Obr. č. 2 Půdorys 1.NP



Obr. č. 3 Půdorys 2.NP

Objekt SO 02 nemá podzemní podlaží, pouze dvě nadzemní podlaží a půdní vestavbu. V 1.NP objektu SO 02 je navržena administrativní část, kterou tvoří 2 kanceláře, WC a spojená kuchyňka s komunikačním prostorem. Ve 2.NP jsou dva pokoje a WC, podkroví slouží jako relaxační místnost s flexibilním využitím.

Objekt SO 02 je přístavbou objektu SO 01. Výstavba objektu SO 02 probíhala od roku 1997. Až do roku 2011 nebyl objekt zateplen. V rámci dotačního programu Zelená úsporám byl doplněn kontaktní zateplovací systém a zateplení půdní vestavby vč. výměny oken.

Oba dva objekty mají společné technické zázemí. Do prosince roku 2010 byl jako jediným zdrojem tepla plynový kotel na zemní plyn. V prosinci 2010 bylo instalováno tepelné čerpadlo, které slouží pro vytápění i pro přípravu teplé vody. Jako záložní zdroj je ponechán plynový kotel (pro teploty venkovního vzduchu nižší jak $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ bude jako zdroj tepla sloužit místo tepelného čerpadla plynový kotel). Vzhledem k délce rozvodů potrubí teplé vody je navržena cirkulace.



Obr. č. 4 Technická místnost v objektu SO 01

Zdroj tepla pro přípravu teplé vody	Jmenovitý výkon
Tepelné čerpadlo TC MACH IN 15,0	8 – 19,5 [kW]
Topné těleso zásobníkového ohřívače OKC 300 NTRR / 1MPa	2,5 [kW]

Pro distribuci vody do nejvyšších podlaží slouží 3 stoupací potrubí (S1, S2, S3). Pro objekt SO 02 slouží stoupací potrubí S3 a v objektu SO 01 jsou zbylá stoupací potrubí, přičemž S2 slouží pro dodávku vody do koupelen a S1 pro dodávku vody do kuchyní. Většina

potrubí rozvodu teplé (i studené) vody je z materiálu PPR PN 16 a je opatřeno tepelnou izolací MIRELON PRO tloušťky 9 mm. Pouze potrubí v technické místnosti a stoupací potrubí S1 v objektu SO 01 jsou měděné. Měděné potrubí v technické místnosti je opatřeno tepelnou izolací MIRELON POLAR tloušťky 20 a 25 mm.

2.1.2. Cíl práce

Cílem mé diplomové práce je porovnání energetické náročnosti přípravy teplé vody v dané budově zjištěné experimentálně s hodnotami stanovenými dvěma výpočtovými metodami.

První výpočtovou metodou je postup výpočtu dle české technické normy ČSN 06 0320, která primárně slouží pro návrh objemu zásobníku teplé vody, ale někdy se podle ní chybně určuje (pro potřeby Průkazu energetické náročnosti budovy) energetická náročnost přípravy teplé vody, která je v tomto případě značně nadhodnocená a tudíž zkreslující.

Druhou výpočtovou metodou je metoda výpočtu dle souboru přijatých evropských norem ČSN EN 15316-3-1 až 3. Tento výpočet je již průkazný a tudíž preferovaný.

2.2. Legislativní podklady

Problematika energetické náročnosti přípravy teplé vody je nedílnou součástí celku hodnocení energetické náročnosti budov, který vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES o energetické náročnosti budov³. Požadavky této směrnice jsou implementovány v novele zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií (plným zněním novelizovaného zákona č. 406/2000 Sb. je zákon č. 406/2006 Sb., jehož prováděcím předpisem je vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov).

V květnu 2010 byla schválena novelizace směrnice 2002/91/ES pod číslem 2010/31/EU⁴, jejímž cílem je do roku 2020 snížení spotřeby energie o 20%, snížení emisí skleníkových plynů o 20% a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20% celkové výroby energie v Evropě v porovnání s rokem 1990. Uvedením v platnost směrnice 2010/31/EU se zrušila směrnice 2002/91/ES v plném rozsahu.

„Energetická náročnost budovy je vypočítané nebo změřené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s typickým užíváním budovy, což mimo jiné zahrnuje energii používanou pro vytápění, chlazení, větrání, teplou vodu a osvětlení“ (EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EU. Směrnice evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze

³ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES vychází (mimo jiné) ze směrnice Rady 89/106/EHS ze dne 21. prosince 1989 o sbližování právních a správních předpisů členských států týkající se stavebních výrobků ve znění směrnice Rady 93/68/EHS. Cílem směrnice 2002/91/ES je podpora snižování energetické náročnosti budov s ohledem na vnější klimatické a místní podmínky i požadavky na vnitřní mikroklimatické prostředí a efektivnost nákladů.

⁴ Celým názvem „Směrnice evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19.5.2010 o energetické náročnosti budov (přepřelování)“.

dne 19. 5. 2010 o energetické náročnosti budov (přepřevování). In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2010, CS - L 153, str. 18, článek 2 odst. 4.)

Energetická náročnost budov dle směrnice 2010/31/EU je nově implementována v novele zákona č. 406/2000 Sb. s označením zákon č. 318/2012 Sb. s účinností od 1. 1. 2013.

2.2.1. Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií prodělal již několik změn. První velkou změnou byla implementace směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov a zákon č. 406/2000 Sb. byl poté v roce 2006 publikován v úplném znění⁵ jako zákon 406/2006 Sb., jehož prováděcím předpisem byla vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov. Další změnu zákon č. 406/2000 Sb. prodělal v roce 2012, kdy byly do české legislativy implementovány požadavky a cíle směrnice evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. 5. 2010 (přepřevování směrnice 2002/91/ES). S účinností od 1. ledna 2013 byl tedy 19. července 2012 vydán zákon č. 318/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Prováděcí vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti v současné době probíhá schvalování a pravděpodobně s účinností od 1. 4. 2013 bude vydána její novela.⁶

Zákon č. 406/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů se zabývá zejména snížením energetické náročnosti budov. Zákon a jeho prováděcí předpis (stále ještě vyhláška č. 148/2007 Sb.) mimo jiné předepisují minimální požadavky na energetickou náročnost a jejich nákladově optimální úroveň, dále stanovují metodu výpočtu a určují další požadavky na nové a stávající budovy (zejména nutnost pořízení Průkazu energetické náročnosti budovy). Další podrobnosti viz [3], [4], [5], [6] a [26].

„Průkaz energetické náročnosti budovy je dokument, který obsahuje informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy“ (ČESKO. Zákon č. 318/2012 Sb. ze dne 3. října 2012, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. In: Sbírka zákonů České republiky. 2012, částka 117, s. 4058, §2 odst. 1 písmeno k). Dostupný také z: www.mvcr.cz).

2.2.2. Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov

Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov stanovuje zejména požadavky na energetickou náročnost budov, porovnávací ukazatele a výpočtovou metodu stanovení

⁵ Úplné znění zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, vyplývá ze změn provedených zákonem č. 359/2003 Sb., zákonem č. 694/2004 Sb., zákonem č. 180/2005 Sb. a zákonem č. 177/2006 Sb.

⁶ KOPAČKOVÁ, Dagmar. *Zajímavosti z konference TZB-info Energetická náročnost budov 2013* [online]. 2012-11-12 [cit. 2012-12-20]. Dostupné z: www.tzb-info.cz

energetické náročnosti budov, dále pak stanovuje obsah průkazu energetické náročnosti budov a způsob jeho zpracování vč. využití již zpracovaných energetických auditů.⁷

Vyhláška definuje pojmy jako *referenční budova*, *obálka budovy*, *systémová hranice* a další. Dle §2 písmene h) tvoří obálku budovy všechny konstrukce na systémové hranici⁸ celé budovy, které jsou vystaveny venkovnímu prostředí. Tuto definici ještě upravuje zákon č. 318/2012 Sb. tím, že blíže specifikuje venkovní prostředí jako prostředí přilehlé teplosměnným konstrukcím, které tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru nebo prostoru s nižší vnitřní návrhovou teplotou⁹.

Referenční budova je výpočtová (fiktivní) budova téhož druhu, stejného tvaru, velikosti a vnitřního upořádání, se stejným typem standardizovaného provozu a užívání jako budova hodnocená¹⁰. Dle §5 vyhlášky jsou požadavky na ENB hodnocené budovy splněny pouze v případě, je-li ENB referenční budovy vyšší než ENB hodnocené budovy¹¹. Energetická náročnost budovy se stanovuje bilancí v GJ jako celková roční dodaná energie potřebná na vytápění, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení, pro porovnání je zavedena také měrná roční potřeba energie budovy v [kWh/m²].

§5 a přílohy vyhlášky popisují metodu stanovení energetické náročnosti budovy jako výpočet celkové roční dodané energie potřebné k vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení při jejich standardizovaném užívání bilančním hodnocením.

2.2.3. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 187/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., stanovuje (mimo jiné) hygienické limity (biologické, mikrobiologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele) jakosti pitné vody a teplé vody dodávané vnitřním vodovodem s použitím směšovacích baterií. Dodržení hygienických limitů ukazatelů teplé vody musí být na všech místech uvnitř budovy, kde je vytékající teplá voda z kohoutků (nebo ze směšovacích baterií).¹²

⁷ Podrobně viz vyhláška č. 148/2007 Sb., §1.

⁸ „Systémová hranice je plocha tvořená vnějším povrchem konstrukcí ohraničujících zónu“ (ČESKO, Vyhláška č. 148/2007 Sb. ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov. In: Sbírka zákonů České republiky. 2007, částka 53, s. 1855, §2 písmeno l). Dostupný také z: www.mvcr.cz).

⁹ Zákon č. 318/2012 Sb., §2 odst. 1 písmeno t)

¹⁰ Vyhláška č. 148/2007 Sb., §2 odst. 1 písmeno j)

¹¹ Energetická náročnost hodnocené budovy musí být pro tento posudek stanovena dle §5 vyhlášky č. 148/2007.

¹² Vyhláška č. 252/2004 Sb., §8, odst. 2

§3 odst. 2 vyhlášky č. 252/2004 Sb. se odvolává na Přílohu č. 2 vyhlášky, která stanovuje hygienické limity ukazatelů teplé vody, mezi nimiž je také požadavek, který říká, že teplota teplé vody po odpuštění vody po dobu 1 minuty by pro odběr vzorků neměla klesnout pod 50 °C, optimálně by teplota na výtoku měla mít teplotu nad 55 °C z důvodu minimalizace rozvoje bakterie legionelly v rozvodech teplé vody.

Pozn.: Legionella Pneumophylis je bakterie, která mimo jiné žije ve vodním prostředí a po jejím vdechnutí může být příčinou pneumonických onemocnění. Ideální teplota vody pro množení této bakterie je v rozmezí 20 – 45 °C, přičemž při teplotě vody vyšší jak 75 °C bakterie nepřežije. Legionella Pneumophylis se vyskytuje hlavně v těch částech rozvodů teplé vody, kde voda dostatečně neproudí a tam, kde se na stěnách potrubí vyskytují nežádoucí usazeniny. Opatřením proti výskytu bakterie je např. periodická termo-desinfekce nebo periodické chemické čištění a desinfekce.

2.2.4. Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

V roce 2011 byla vyhláška č. 428/2001 Sb. novelizována vyhláškou č. 120/2011 Sb., která zejména upravuje údaje uvedené ve vybraných přílohách vyhlášky č. 428/2001. Úpravám také podléhá příloha č. 12, která uvádí značně snížená směrná čísla roční potřeby vody oproti směrným číslům uvedených původně. Podrobně viz Příloha č. 12 vyhlášky č. 120/2011 Sb.

Pozn.: Uváženým odhadem lze odvodit z celkové potřeby vody potřebu teplé vody.

2.3. Normové podklady

2.3.1. ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Požadavky

Norma stanovuje tepelně-technické požadavky pro navrhování budov, zejména s ohledem na úsporu energie a tepelnou ochranu budov. Energetickou vizí je, že postupně budou všechny nové budovy realizovány jako budovy s velmi nízkou energetickou náročností. S tím také souvisí snížení potřeby energie na provoz technických zařízení budov, jako je např. potřeba tepla na vytápění, přípravu teplé vody a další. Příloha A.5 normy ČSN 73 0540-2 uvádí doporučení pro navrhování i některých technických zařízení jako např.:

- A.5.6.6 Zdroje tepla – zde je kladen důraz na využití obnovitelných zdrojů tepla (např. tepelných čerpadel, solární tepelné soustavy) s přihlédnutím ke spotřebě primární energie.

- A.5.6.11 Příprava teplé vody – hlavním požadavkem na přípravu teplé vody je její teplota v místě odběru a hygienická nezávadnost. U nízkoenergetických budov má příprava teplé vody podstatný energetický podíl a norma proto doporučuje krátké rozvody (aby se dalo obejít bez cirkulace), případně časově řízenou cirkulaci, anebo využití zpětného získávání tepla z odpadní vody pro předeřev studené vody.

Tato norma je určena pro návrh budov a pro návrh zmíněných technických zařízení je pouze vodítkem.

2.3.2. ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování

Tato norma je pro posouzení energetické náročnosti přípravy teplé vody nevhodná a tudíž zavádějící zejména pro nadhodnocené hodnoty potřeby teplé vody. Z celkové potřeby teplé vody se pomocí kalorimetrické rovnice vypočte celková denní potřeba energie pro přípravu daného množství teplé vody.

Norma ČSN 06 0320 je spíše koncipována pro návrh zásobníkového či průtočného ohřívače teplé vody. Návrh velikosti zásobníku teplé vody vychází z největšího rozdílu tepla dodaného ohřívačem a tepla odebraného v průběhu jednoho dne (nebo jedné směny).

Výpočet potřeby energie pro přípravu teplé vody dle této normy by byl hrubou chybou pro hodnocení v rámci Průkazu energetické náročnosti budov.

2.3.3. ČSN EN 15316-3:2010 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy

Soubor norem ČSN EN 15316-3 je překladem evropských norem EN 15316-3:2007¹³, který respektuje základní požadavky směrnice Evropské unie 2002/91/ES o energetické náročnosti budov. Pro hodnocení budovy v rámci Průkazu energetické náročnosti budov je výpočet podlé této normy vhodný.

Tato norma se skládá ze tří částí, které popisují metody výpočtu potřeb energie pro přípravu teplé vody, dále popisují metody výpočtu ztrát tepla rozvodů teplé vody a ztrát tepla zdrojů tepla. Výpočet je ovlivněn především správným použitím okrajových podmínek.

ČSN EN 15316-3 se skládá ze tří částí: ČSN EN 15316-3-1 : 2010

ČSN EN 15316-3-2 : 2010

ČSN EN 15316-3-3 : 2010

¹³ Evropská norma EN 15316-3 má velmi mnoho společného s německými normami DIN V 18599.

3. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

3.1. Návrh přípravy teplé vody dle ČSN 06 0320

Norma ČSN 06 0320 popisuje návrh zařízení pro přípravu teplé vody poměrně jednoduchým algoritmem, který vychází z empiricky stanovených potřeb teplé vody a dále z předpokladu teploty studené vody $\theta_1 = 10^\circ\text{C}$ a teploty teplé vody před výtakovou armaturou $\theta_3 = 55^\circ\text{C}$. Bilance potřeby teplé vody a potřeby tepla dle normy ČSN 06 0320 jsou, vč. návrhu zásobníkového ohřívače, popsány a aplikovány níže.¹⁴

3.1.1. Stanovení potřeby teplé vody

Celková potřeba teplé vody V_{2P} v dané periodě (zpravidla se volí perioda 1 den, tj. 24 hodin) se stanoví jako součet potřeby teplé vody pro mytí osob V_o , pro mytí nádobí V_j a pro úklid V_u dle vztahu:

$$V_{2P} = V_o + V_j + V_u \quad [\text{m}^3/\text{per.}]$$

kde jednotlivé potřeby teplé vody jsou definovány jako:

- potřeba TV pro mytí osob V_o v dané periodě

$$V_o = n_o \cdot \sum_{i=1}^n V_{di} = n_o \cdot \sum_{i=1}^n (n_{di} \cdot U_{3i} \cdot \tau_{di} \cdot p_{di}) \quad [\text{m}^3/\text{per.}]$$

kde:

V_d	...	objem dávky v dané periodě	$[\text{m}^3/\text{per.}]$
n_o	...	počet uživatelů	$[-]$
n_d	...	počet dávek	$[-]$
U_3	...	objemový průtok TV o teplotě θ_3 do výtoku	$[\text{m}^3/\text{h}]$
τ_d	...	doba dávky	$[\text{h}]$
p_d	...	součinitel prodloužení doby dávky	$[-]$,
		pro čistý provoz	$p_d = 1$
		špinavý provoz	$p_d = 1,5$
		značně špinavý provoz	$p_d = 2$

Objem dávky V_d pro mytí je velmi subjektivní hodnota a její výpočet je spíše teoretický předpoklad. Norma ČSN 06 0320 se snaží tyto hodnoty sjednotit v příloze C.

¹⁴ Norma ČSN 06 0320, str. 12 až 14.

- potřeba TV pro mytí nádobí V_j v dané periodě

$$V_j = n_j \cdot V_d \quad [\text{m}^3]$$

kde:

n_j ... počet jídel [–]

- potřeba TV pro úklid V_u v dané periodě [m^3]

$$V_u = n_u \cdot V_d \quad [\text{m}^3]$$

kde:

n_u ... počet (výměra) ploch [–]

Výpočet celkové potřeby teplé vody V_{2P} je ve většině případů větší, než odpovídající spotřeba teplé vody. Pro návrh zásobníkového ohřívače znamená větší potřeba teplé vody při konstantním rozdílu výstupní a vstupní teploty větší objem zásobníku, proto je pro přesnější návrh velikosti zásobníku vhodné teoretickou potřebu teplé vody porovnat se skutečnými spotřebami teplé vody ve stávajících objektech, které mají podobný charakter užívání jako navrhovaná budova.

Potřeba tepla a teplé vody je časově nestacionární děj a pro další postup návrhu je vhodné vypracovat bilanci potřeby teplé vody a tepla v průběhu periody. Bilanci lze vypracovat dvěma způsoby:

- dle činnosti – v příloze C.2 normy ČSN 06 0320 jsou uvedeny normové hodnoty pro objem dávky V_d dle druhu činnosti (mytí osob, mytí nádobí, úklid) a to v návaznosti na přílohu C.1, která udává charakteristiky výtoků, časový rozbor se zpracovává zpravidla v intervalu 1 hod, čili tento způsob je flexibilnější a přesnější;
- dle druhu budovy – tento způsob využívá tabelovaných hodnot celkové potřeby teplé vody V_{2P} a celkové teoretické potřeby tepla Q_{2t} (viz odst. 3.1.2.), tyto hodnoty jsou uvedeny v příloze C.3 normy ČSN 06 0320.

3.1.2. Stanovení potřeby tepla

Potřeba tepla odebraného z ohřívače teplé vody během periody Q_{2P} se stanoví ze součtu teoretického tepla odebraného z ohřívače teplé vody Q_{2t} a z tepla ztraceného při ohřevu a distribuci teplé vody Q_{2z} .

Potřeba tepla se stanovuje v rámci periody dle vztahu:

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} \quad [\text{kWh/per}]$$

Teoretické teplo odebrané z ohřívače teplé vody se stanoví dle vztahu:

$$Q_{2t} = m \cdot c \cdot \Delta\theta = \rho \cdot V_{2P} \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad [\text{J/per}]$$

po úpravě

$$Q_{2t} = \frac{\rho \cdot V_{2P} \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{3600 \cdot 10^3} = 1,163 \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad [\text{kWh/per}]$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \quad [\text{kWh/per}]$$

kde:

c ... měrná tepelná kapacita vody $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$

V_{2P} ... celková potřeba TV v dané periodě $[\text{m}^3]$

θ_1 ... teplota studené vody $[\text{°C}]$

θ_2 ... teplota teplé vody $[\text{°C}]$

z ... koeficient zohledňující ztráty tepla při ohřevu a distribuci TV $[-]$

Přičemž se vychází z předpokladu, že během periody se množství tepla dodaného ohřívačem do teplé vody rovná teplu odebranému z ohřívače teplé vody, čili $Q_{2P} = Q_{1P}$.

Koeficient z představuje navýšení potřeby tepla z důvodu vznikajících tepelných ztrát, které jsou v případě distribuce teplé vody nepřímě úměrné kvalitě a tloušťce tepelné izolace rozvodů teplé vody i cirkulace. Dále je nutné uvažovat tepelné ztráty také při přípravě teplé vody v zásobníku teplé vody (korekce se netýká průtočného ohřevu teplé vody). Součinitel z by zpravidla neměl přesáhnout hodnotu 0,5 pro novostavby (krátké a izolované vedení potrubních rozvodů¹⁵), pro dálkové vedení potrubních rozvodů nebo pro starší budovy s nižší kvalitou tepelné izolace potrubí lze uvažovat součinitel $z = 1,0$. Součinitel z může nabývat i vyšších hodnot, zejména v případě starých budov s rozvody bez tepelné izolace. Kontrolou volby součinitele z může být např. změření teploty teplé vody v zásobníku teplé vody a teploty teplé vody u nejvzdálenější výtokové armatury.

3.1.3. Stanovení objemu zásobníku

Pro výpočet objemu zásobníku teplé vody je opět využita kalorimetrická rovnice. Potřebné teplo pro stanovení velikosti zásobníku vychází z bilance potřeby teplé vody a tepla v závislosti na čase τ v průběhu periody, kdy se sestaví křivky odběru a dodávky tepla v závislosti na čase τ v dané periodě na základě teoretického tepla odebraného z ohřívače

¹⁵ Návrh tepelné izolace musí splňovat požadavky stanovené vyhláškou č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.

Q_{2t} a tepla ztraceného při ohřevu a distribuci teplé vody Q_{2z} ¹⁶. Platí-li, že teplo odebrané z ohřívače teplé vody Q_{2p} během periody se rovná teplu dodanému ohřívačem Q_{1p} během periody, pak největší rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru tepla je nutná zásoba tepla, ze které se stanoví velikost zásobníku V_z :

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad [\text{m}^3]$$

kde:

V_z	...	objem zásobníku $[\text{m}^3]$
ΔQ_{max}	...	největší možný rozdíl tepla mezi Q_1 a Q_2 $[\text{kWh}]$
c	...	teplená kapacita vody $[\text{kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})]$
θ_1	...	teplota studené vody $[\text{°C}]$
θ_2	...	teplota teplé vody $[\text{°C}]$

Vykreslením křivky Q_{1p} v závislosti na čase lze potom vyjádřit (dle uvažovaného času provozu zdroje tepla τ) vztah pro výpočet jmenovitého tepelného výkonu pro ohřev Φ_{1n} pro zásobníkový ohřívač:

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{\tau} \right)_{max} \quad [\text{kW}]$$

kde:

Φ_{1n}	...	jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla $[\text{kW}]$
Q_1	...	teplo dodané ohřívačem do TV v čase τ od počátku periody $[\text{kWh}]$
τ	...	čas $[\text{h}]$
$\left(\frac{Q_1}{\tau} \right)_{max}$	...	maximální sklon křivky dodávky tepla Q_1 v čase τ během periody

3.1.4. Výpočet potřeby tepla pro zadaný objekt dle normy ČSN 06 0320

Výpočet potřeby teplé vody a tepla pro ohřev teplé vody dle ČSN 06 0320 je aplikovaný na zadané budově rodinného domu a jeho administrativní části a to pro pracovní a pro víkendový den. V *Tabulce č. 1* jsou uvedeny vstupní parametry výpočtu.

¹⁶ V případě posudku nebo návrhu nového zásobníku TV pro stávající objekt je vhodné provést měření aktuální spotřeby teplé vody, v nejlepším případě vč. měření teplot.

Tabulka č. 1 – Vstupní parametry výpočtu

Vstupní parametry	Administrativní zóna	Privátní zóna
Počet osob:	5	7
Provoz zóny:	7:00 – 16:00	0:00 – 24:00
Doba úklidu:	18:00 – 20:00	-
Činnost:	mytí rukou	umývání těla a rukou
	umývání nádobí	vaření
	úklid	úklid

3.1.4.1. Bilance potřeby teplé vody a tepla pro zadaný objekt dle druhu budovy

Bilance vychází z normových hodnot, které jsou uvedeny v příloze C normy ČSN 06 0320 a z níže uvedených vstupních hodnot.

Vstupní hodnoty:

Měrná tepelná kapacita vody:	$c = 1,163 \text{ [kWh/(m}^3 \cdot \text{K)]}$
Koeficient z:	$z = 0,5 \text{ [–]}$
Plocha administrativní zóny:	$A_{adm} = 93 \text{ [m}^2\text{]}$
Teplota studené vody:	$\theta_1 = 15 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Teplota teplé vody:	$\theta_2 = 55 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Tabulka č. 2 – Normové hodnoty potřeb teplé vody a tepla – dle druhu budovy

Druh objektu	Měrná jednotka	Činnost	Potřeba $V_{2P} \text{ [m}^3 \text{/per.]}$	Teplo $Q_{2t} \text{ [kWh/per.]}$
Stavby pro bydlení	1 osoba	umývání	0,082	4,300
		vaření		
		úklid		
Hygienická zařízení podniků a sportovních zařízení	1 os/ sm.	umyvadla	0,020	0,800
	1 os/ sm.	sprchy	0,040	1,400
	100 m ²	úklid	0,020	0,800

Potřeba teplé vody – dle druhu budovy

Celková potřeba teplé vody je suma součinů počtu měrných jednotek a objemů dávek teplé vody v $\text{[m}^3 \text{/den]}$.

Privátní zóna				Administrativní zóna			
Činnost	n [–]	V_{2P} [m³/den]	$n \cdot V_{2P}$ [m³/den]	Činnost	n [-]	V_{2P} [m³/den]	$n \cdot V_{2P}$ [m³/den]
Umývání	7	0,082	0,574	Umyvadla	5	0,020	0,100
Vaření				Sprchy	0	0,040	0,000
Úklid				Úklid	1	0,020	0,020
CELKEM:			0,574	CELKEM:			0,120

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody – dle druhu budovy

Celková potřeba tepla pro přípravu teplé vody se stanoví obdobně jako celková potřeba teplé vody, čili je to suma součinů počtu měrných jednotek a specifických potřeb tepla v [kWh/den].

Privátní zóna					
Činnost	n [—]	Q_{2t} [kWh/den]	$n \cdot Q_{2t}$ [kWh/den]	$Q_{2z} = z \cdot Q_{2t}$ [kWh/den]	$Q_{1P} = Q_{2P}$ [kWh/den]
Umývání	7	4,300	30,100	15,050	45,150
Vaření					
Úklid					
CELKEM:			30,100	15,050	45,150

Administrativní zóna					
Činnost	n [–]	Q_{2t} [kWh/den]	$n \cdot Q_{2t}$ [kWh/den]	$Q_{2z} = z \cdot Q_{2t}$ [kWh/den]	$Q_{1P} = Q_{2P}$ [kWh/den]
Umyvadla	5	0,800	4,000	2,000	6,000
Sprchy	0	1,400	0,000	0,000	0,000
Úklid	1	0,800	0,800	0,400	1,200
CELKEM:			4,800	2,400	7,200

Z důvodu provozu administrativní zóny pouze v pracovní dny, je bilance provedena pro dva případy odběrů, tj. pro pracovní a pro víkendový den.

(A) PRACOVNÍ DEN – PONDĚLÍ

Potřeba teplé vody a tepla:

		Privátní zóna		Administrativní zóna		
Interval	Podíl	V_{2P} [m ³ /den]	Q_{2t} [kWh/den]	Podíl	V_{2P} [m ³ /den]	Q_{2t} [kWh/den]
0 - 6	5%	0,029	1,505	5%	0,006	0,240
6 - 12	40%	0,230	12,040	40%	0,048	1,920
12 - 18	10%	0,057	3,010	50%	0,060	2,400
18 - 24	45%	0,258	13,545	5%	0,006	0,240
CELKEM		0,574	30,100		0,120	4,800

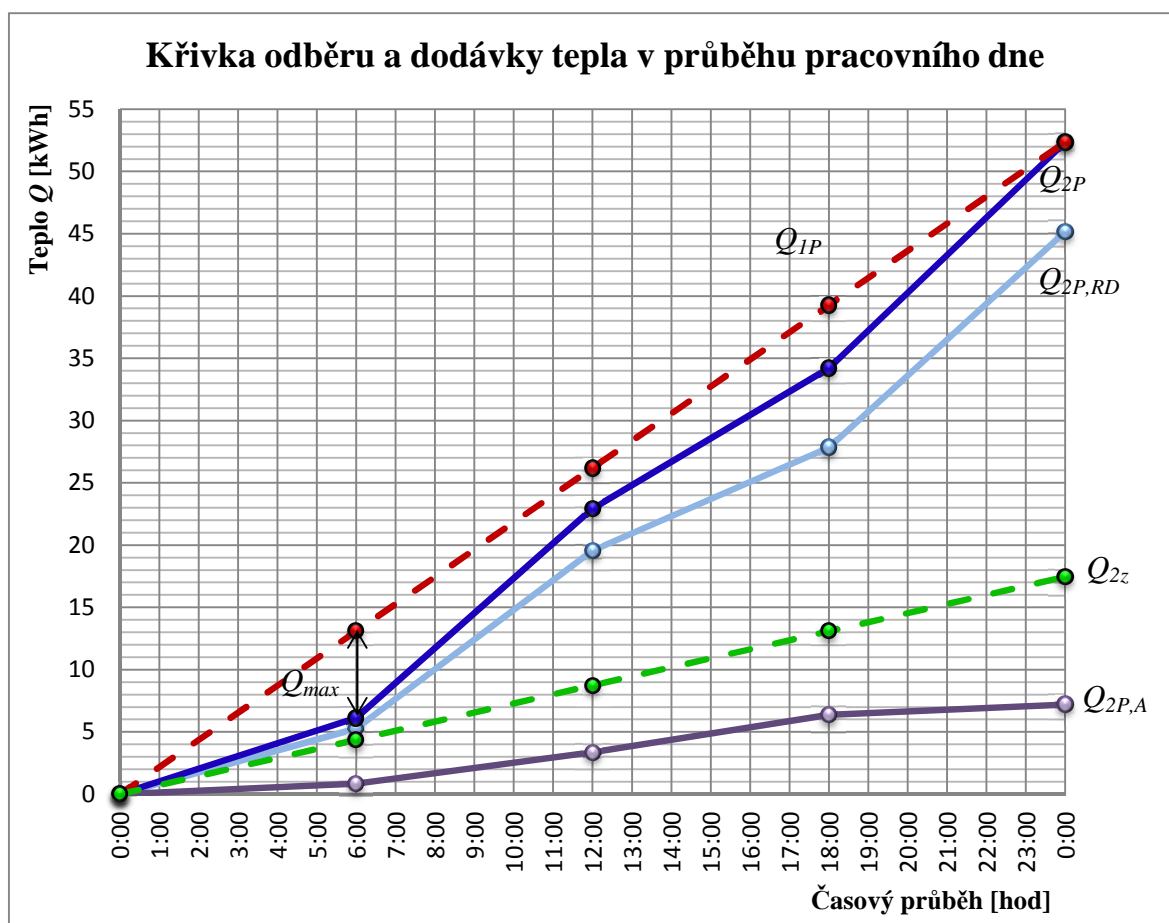
Potřeba teplé vody pro obě zóny:

	Privátní zóna	Administrativní zóna	Celkem za obě zóny
Hodina	V_{2P} [m ³]	V_{2P} [m ³]	V_{2P} [m ³]
0	0,000	0,000	0,000
6	0,029	0,006	0,035
12	0,258	0,054	0,312
18	0,316	0,114	0,430
24	0,574	0,120	0,694



Hodnoty dodávky a odběru tepla při ohřevu vody:

Čas	Q_{2t} [kWh]			Q_{2z} [kWh]			Q_{2P} [kWh]			Q_{1P}	$Q_{1P} - Q_{2P}$
	RD	A	RD+A	RD	A	RD+A	RD	A	RD+A	[kWh]	[kWh]
0:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6:00	1,505	0,240	1,745	3,763	0,600	4,363	5,268	0,840	6,108	13,088	6,980
12:00	13,545	2,160	15,705	7,525	1,200	8,725	21,070	3,360	24,430	26,175	1,745
18:00	16,555	4,560	21,115	11,288	1,800	13,088	27,843	6,360	34,203	39,263	5,060
24:00	30,100	4,800	34,900	15,050	2,400	17,450	45,150	7,200	52,350	52,350	0,000



Pro porovnání výpočtového a fyzického modelu je určen objem zásobníkového ohříváče teplé vody.

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{6,980}{1,163 \cdot (55 - 15)} = 0,150 \text{ m}^3$$

(B) VÍKENDOVÝ DEN – NEDĚLE

Potřeba teplé vody a tepla:

Privátní zóna				Administrativní zóna		
Interval	Podíl	V_{2P} [m ³ /den]	Q_{2t} [kWh/den]	Podíl	V_{2P} [m ³ /den]	Q_{2t} [kWh/den]
0 - 6	5%	0,029	1,505	0%	0,000	0,000
6 - 12	30%	0,172	9,030	0%	0,000	0,000
12 - 18	15%	0,086	4,515	0%	0,000	0,000
18 - 24	50%	0,287	15,050	0%	0,000	0,000
CELKEM		0,574	30,100		0,000	0,000

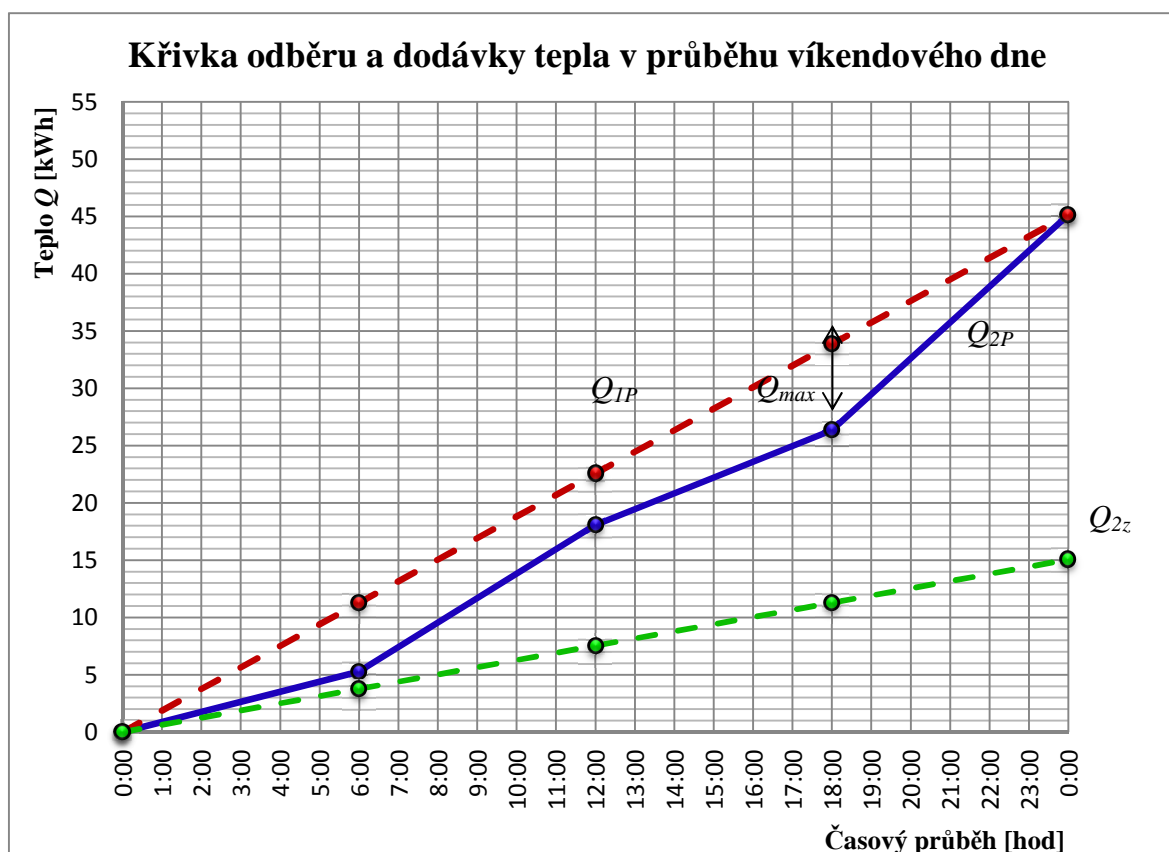
Potřeba teplé vody pro obě zóny:

	Privátní zóna	Administrativní zóna	Celkem za obě zóny
Hodina	V_{2P} [m ³]	V_{2P} [m ³]	V_{2P} [m ³]
0	0,000	0,000	0,000
6	0,029	0,000	0,029
12	0,201	0,000	0,201
18	0,287	0,000	0,287
24	0,574	0,000	0,574



Hodnoty křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu vody:

Čas	Q_{2t} [kWh]			Q_{2z} [kWh]			Q_{2P} [kWh]			Q_{1P}	$Q_{1P} - Q_{2P}$
	RD	A	RD+A	RD	A	RD+A	RD	A	RD+A	[kWh]	[kWh]
0:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6:00	1,505	0,000	1,505	3,763	0,000	3,763	5,268	0,000	5,268	11,288	6,020
12:00	10,535	0,000	10,535	7,525	0,000	7,525	18,060	0,000	18,060	22,575	4,515
18:00	15,050	0,000	15,050	11,288	0,000	11,288	26,338	0,000	26,338	33,863	7,525
24:00	30,100	0,000	30,100	15,050	0,000	15,050	45,150	0,000	45,150	45,150	0,000



Pro porovnání výpočtového a fyzického modelu je určen objem zásobníkového ohříváče teplé vody.

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{7,525}{1,163 \cdot (55 - 15)} = 0,162 \text{ m}^3$$

Z výsledků vyplývá, že v uvažovaném pracovním dnu je potřeba tepla pro přípravu teplé vody o cca 14 % vyšší, než je tomu tak o víkendu a rozdíl v požadovaném objemu zásobníkového ohříváče činí pouze 7 %.

3.1.4.2. Bilance potřeby teplé vody a tepla pro zadaný objekt dle činnosti

Bilance vychází z normových hodnot, které jsou uvedeny v příloze C normy ČSN 06 0320 a z níže uvedených vstupních hodnot.

Vstupní hodnoty:

Měrná tepelná kapacita vody:	$c = 1,163 \text{ [kWh/(m}^3 \cdot \text{K)]}$
Koeficient „z“:	$z = 0,5 \text{ [–]}$
Plocha administrativní zóny:	$A_{adm} = 88 \text{ [m}^2\text{]}$
Teplota studené vody:	$\theta_1 = 15 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Teplota teplé vody:	$\theta_2 = 55 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Tabulka č. 3 Potřeby teplé vody o teplotě 55 °C dle činnosti

Činnost	Objem dávky V_d [m ³]	Teplo v dávce Q_2 [kWh]	Objem dávky V_d [m ³]	Teplo v dávce Q_2 [kWh]
	Privátní zóna		Administrativní zóna	
Mytí osob				
Umyvadlo $U_3 = 0,14$ [m ³ /h]				
- mytí rukou	0,002	0,100	0,002	0,100
- mytí těla	0,010	0,520		
Sprcha $U_3 = 0,23$ [m ³ /h]	0,025	1,320		
Vana $U_3 = 0,47$ [m ³ /h]	0,080	2,100		
Mytí nádobí				
$U_3 = 0,30$ [m ³ /h]	- na 1 jídlo		- na 1 jídlo	
- vaření + výdej	0,002	0,100		
- pouze výdej jídel			0,001	0,050
Mytí podlahy + úklid				
$U_3 = 0,30$ [m ³ /h]	$\theta_4 = 55$ [°C]		$\theta_4 = 55$ [°C]	
- na 100 m ²	0,020	1,050	0,020	1,050

(A) PRACOVNÍ DEN - PONDĚLÍ

V privátní zóně je uvažováno s mytím rukou, mytím těla, používáním sprchy i vany, vařením a úklidem. V privátní zóně je předpoklad mytí rukou, mytí nádobí a úklid.

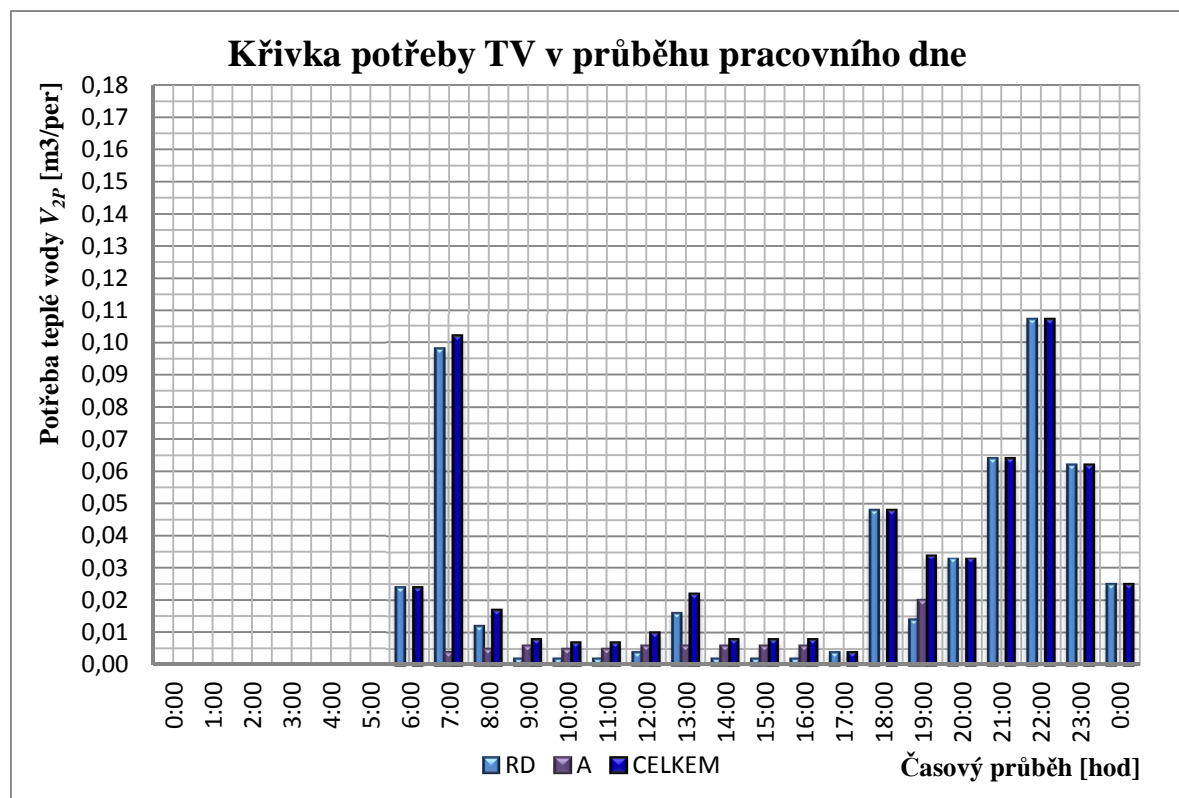
Celková potřeba teplé vody je stanovena dle [3.1.1.](#):

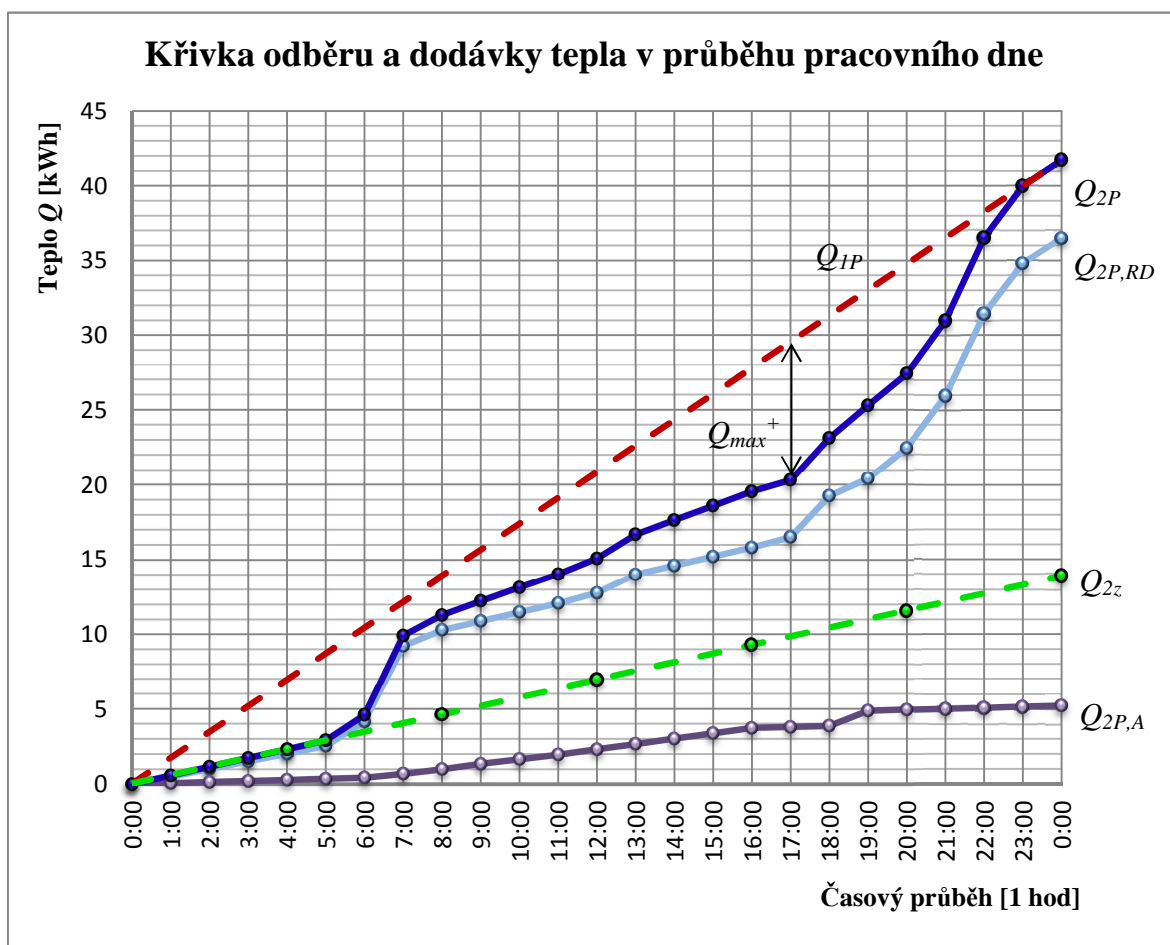
$$V_{2P} = V_o + V_j + V_u \quad [\text{m}^3/\text{per.}]$$

a celková potřeba tepla dle [3.1.2.](#):

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} \quad [\text{kWh}/\text{per.}]$$

INTERVAL	MYTÍ RUKOU		MYTÍ TĚLA		SPRCHA		VANA		NÁDOBÍ		ÚKLID		V_{2P} [m ³]		Q_{2t} [kWh]		Q_{2z} [kWh]		Q_{2P} [kWh]	
	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	RD	A	RD	A	RD	A	RD	A
0 - 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,07	0,51	0,07
1 - 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,07	0,51	0,07
2 - 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,07	0,51	0,07
3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,07	0,51	0,07
4 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,07	0,51	0,07
5 - 6	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,00	1,12	0,00	0,51	0,07	1,62	0,07
6 - 7	4	2	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,00	4,56	0,19	0,51	0,07	5,06	0,26
7 - 8	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,01	0,01	0,56	0,23	0,51	0,07	1,06	0,31
8 - 9	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0,00	0,01	0,09	0,28	0,51	0,07	0,60	0,35
9 - 10	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00	0,01	0,09	0,23	0,51	0,07	0,60	0,31
10 - 11	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00	0,01	0,09	0,23	0,51	0,07	0,60	0,31
11 - 12	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0,00	0,01	0,19	0,28	0,51	0,07	0,69	0,35
12 - 13	2	2	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0,02	0,01	0,74	0,28	0,51	0,07	1,25	0,35
13 - 14	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0,00	0,01	0,09	0,28	0,51	0,07	0,60	0,35
14 - 15	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0,00	0,01	0,09	0,28	0,51	0,07	0,60	0,35
15 - 16	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0,00	0,01	0,09	0,28	0,51	0,07	0,60	0,35
16 - 17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,19	0,00	0,51	0,07	0,69	0,07
17 - 18	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0,05	0,00	2,23	0,00	0,51	0,07	2,74	0,07
18 - 19	2	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0,01	0,02	0,65	0,93	0,51	0,07	1,16	1,00
19 - 20	2	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0,03	0,00	1,53	0,00	0,51	0,07	2,04	0,07
20 - 21	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,00	2,98	0,00	0,51	0,07	3,48	0,07
21 - 22	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,11	0,00	4,98	0,00	0,51	0,07	5,48	0,07
22 - 23	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,00	2,88	0,00	0,51	0,07	3,39	0,07
23 - 24	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,00	1,16	0,00	0,51	0,07	1,67	0,07
	Σ		Σ		Σ		Σ		Σ		Σ		0,52	0,08	24,33	3,49	12,16	1,74	36,49	5,23
	Σ		Σ		Σ		Σ		Σ		Σ		0,60		27,81		13,91		41,72	





Pro porovnání výpočtového a fyzického modelu je určen objem zásobníkového ohřívače teplé vody:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{|Q_{max}^+| + |Q_{max}^-|}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{9,24}{1,163 \cdot (55 - 15)} = 0,199 \text{ m}^3$$

(B) VÍKENDOVÝ DEN

V privátní zóně je uvažováno s mytím rukou, mytím těla, používáním sprchy i vany, vařením a úklidem. V administrativní zóně se nepředpokládá žádná činnost.

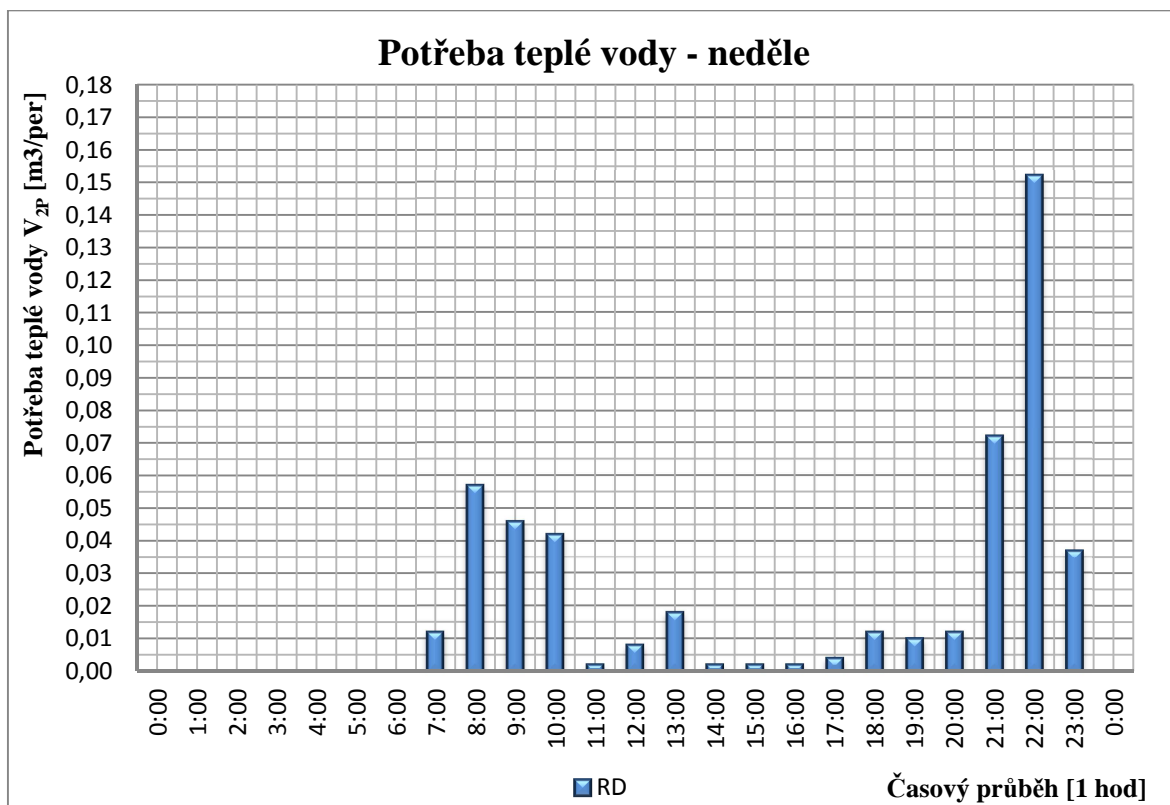
Celková potřeba teplé vody je stanovena dle [3.1.1.](#):

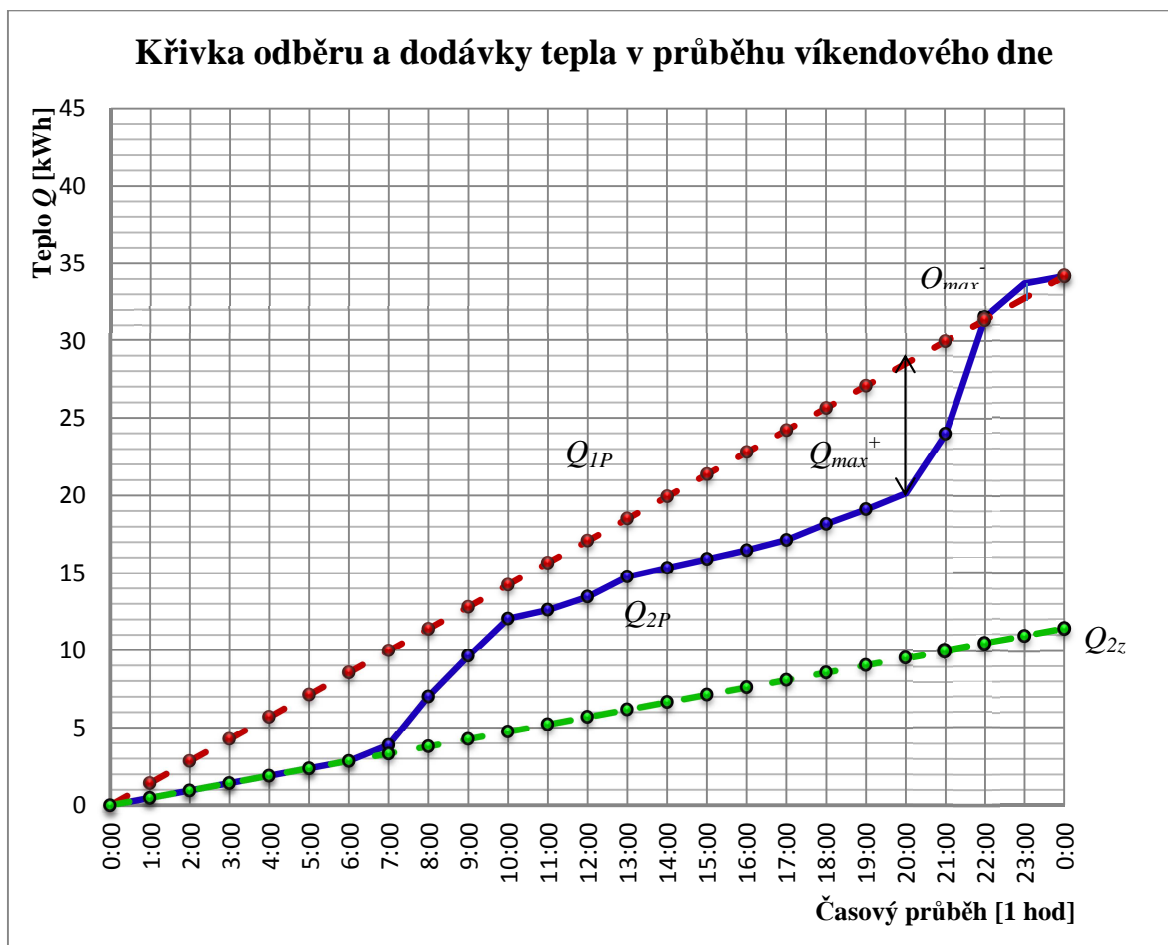
$$V_{2P} = V_o + V_j + V_u \quad [\text{m}^3/\text{per.}]$$

a celková potřeba tepla dle [3.1.2.](#):

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} \quad [\text{kWh}/\text{per.}]$$

INTERVAL	MYTÍ RUKOU		MYTÍ TĚLA		SPRCHA		VANA		NÁDOBÍ		ÚKLID		$V_{2P} [\text{m}^3]$		$Q_{2T} [\text{kWh}]$		$Q_{2Z} [\text{kWh}]$		$Q_{2P} [\text{kWh}]$	
	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	RD	A	RD	A	RD	A	RD	A
0 - 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00
1 - 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00
2 - 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00
3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00
4 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00
5 - 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00
6 - 7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,00	0,56	0,00	0,47	0,00	1,03	0,00
7 - 8	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,00	2,65	0,00	0,47	0,00	3,13	0,00
8 - 9	1	0	3	0	0	0	0	0	7	0	2	0	0,05	0,00	2,14	0,00	0,47	0,00	2,61	0,00
9 - 10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,00	1,95	0,00	0,47	0,00	2,43	0,00
10 - 11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,09	0,00	0,47	0,00	0,57	0,00
11 - 12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,00	0,37	0,00	0,47	0,00	0,85	0,00
12 - 13	2	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0,02	0,00	0,84	0,00	0,47	0,00	1,31	0,00
13 - 14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,09	0,00	0,47	0,00	0,57	0,00
14 - 15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,09	0,00	0,47	0,00	0,57	0,00
15 - 16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,09	0,00	0,47	0,00	0,57	0,00
16 - 17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,19	0,00	0,47	0,00	0,66	0,00
17 - 18	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0,01	0,00	0,56	0,00	0,47	0,00	1,03	0,00
18 - 19	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0,01	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00	0,94	0,00
19 - 20	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,00	0,56	0,00	0,47	0,00	0,103	0,00
20 - 21	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,00	3,35	0,00	0,47	0,00	3,82	0,00
21 - 22	1	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0,15	0,00	7,07	0,00	0,47	0,00	7,54	0,00
22 - 23	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,00	1,72	0,00	0,47	0,00	2,20	0,00
23 - 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00
Σ													0,49	0,00	22,79	0,00	11,40	0,00	34,19	0,00
Σ													0,49		22,79		11,40		34,19	





Pro porovnání výpočtového a fyzického modelu je určen objem zásobníkového ohříváče teplé vody.

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{|Q_{max}^+| + |Q_{max}^-|}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{8,34 + 0,95}{1,163 \cdot (55 - 15)} = 0,200 \text{ m}^3$$

Z výsledků vyplývá, že v uvažovaném pracovním dnu je potřeba tepla pro přípravu teplé vody o cca 18 % vyšší, než je tomu tak o víkendu a rozdíl v požadovaném objemu zásobníkového ohříváče je zanedbatelný.

3.1.4.3. Rekapitulace vypočtených hodnot a stanovení ročních potřeb teplé vody a tepla pro její přípravu

Potřeba teplé vody a tepla pro její přípravu dle druhu budovy

Denní potřeba teplé vody a tepla na její přípravu stanovená váženým průměrem, kdy uvažujeme pracovní a víkendové dny v rámci roku 2012¹⁷.

¹⁷ Rok 2012 má celkem 252 pracovních dnů a 113 víkendových dnů.

	Pracovní den		Víkendový den	
Denní potřeba tepla:	188,46 [MJ]	52,35 [kWh]	162,54 [MJ]	45,15 [kWh]
Denní potřeba TV:	0,694 [m ³]		0,574 [m ³]	
Objem zásobníku TV:	0,150 [m ³]		0,162 [m ³]	

$$Q_{den} = \frac{(188,46 \cdot 252) + (162,54 \cdot 113)}{365} = 180,42 \text{ [MJ]} = 50,12 \text{ [kWh]}$$

$$V_{den} = \frac{(694 \cdot 252) + (574 \cdot 113)}{365} = 656,85 \text{ [l]} = 0,657 \text{ [m}^3\text{]}$$

Celková průměrná denní potřeba teplé vody činí 0,657 m³ a průměrná denní potřeba energie na její přípravu činí 50,12 kWh. Požadovaný minimální objem zásobníkového ohřívače je dle výpočtu 0,162 m³.

Roční potřebu teplé vody a tepla pro přípravu teplé vody získáme z průměrných denních hodnot.

$$Q_{rok} = 180,42 \cdot 365 = 65\,854 \text{ [MJ/rok]} = 65,854 \text{ [GJ/rok]} = 18,293 \text{ [MWh/rok]}$$

$$V_{rok} = 0,657 \cdot 365 = 239,75 \text{ [m}^3\text{/rok]}$$

Potřeba teplé vody a tepla pro její přípravu dle činnosti

Denní potřeba teplé vody a tepla na její přípravu stanovená váženým průměrem, kdy uvažujeme pracovní a víkendové dny v rámci roku 2012.

	Pracovní den		Víkendový den	
Denní potřeba tepla:	150,19 [MJ]	41,72 [kWh]	123,07 [MJ]	34,19 [kWh]
Denní potřeba TV:	0,600 [m ³]		0,490 [m ³]	
Objem zásobníku TV:	0,199 [m ³]		0,200 [m ³]	

$$Q_{den} = \frac{(150,19 \cdot 252) + (123,07 \cdot 113)}{365} = 141,79 \text{ [MJ]} = 39,39 \text{ [kWh]}$$

$$V_{den} = \frac{(600 \cdot 252) + (490 \cdot 113)}{365} = 565,95 \text{ [l]} = 0,566 \text{ [m}^3\text{]}$$

Celková průměrná denní potřeba teplé vody činí 0,566 m³ a průměrná denní potřeba energie na její přípravu činí 39,39 kWh. Požadovaný minimální objem zásobníkového ohřívače je dle výpočtu 0,200 m³.

Roční potřebu teplé vody a tepla pro přípravu teplé vody získáme z průměrných denních hodnot.

$$Q_{rok} = 141,79 \cdot 365 = 51\,754,8 \text{ [MJ/rok]} = 51,755 \text{ [GJ/rok]} = 14,376 \text{ [MWh/rok]}$$

$$V_{rok} = 0,566 \cdot 365 = 206,57 \text{ [m}^3\text{/rok]}$$

3.2. Výpočet dle ČSN EN 15316-3 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy

ČSN EN 15316-3 se skládá ze tří částí: ČSN EN 15316-3-1 : 2010

ČSN EN 15316-3-2 : 2010

ČSN EN 15316-3-3 : 2010

3.2.1. ČSN EN 15316-3-1 Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)

Tato norma uvádí 4 metody výpočtu potřeb energie pro přípravu teplé vody. Norma se odvolává na národní předpisy, a jelikož se jedná o relativně „mladou“ normu, národní předpisy pro Českou republiku nejsou doposud stanoveny a tudíž z níže uvedeného je vhodná pouze metoda stanovení potřeb energie pro přípravu teplé vody dle požadovaného objemu teplé vody. Touto metodou je kladen důraz na vhodné stanovení potřeby teplé vody, protože právě stanovení požadovaného objemu teplé vody je určujícím faktorem správnosti dalších výpočtů.

Níže uvedené výpočtové metody se liší podrobností a podmínkami pro různé způsoby užívání teplé vody.

3.2.1.1. Potřeba energie pro přípravu teplé vody na základě programů odběru vody

Podstatou této metody jsou 24 hodinové cykly, které definují sled potřeb energie odpovídající používání teplé vody. Norma ve své příloze uvádí 3 programy pro jednogenerační rodinné domy (každý profil uvádí časovou posloupnost jednotlivých odběrů, energetické hodnoty a požadované výstupní teploty pro daný druh odběru ve stanoveném intervalu):

- Program odběru vody č. 1 – profil průměrného denního odběru pro jednu osobu, ekvivalentní objem teplé vody při 60 °C je 36 litrů, potřeba energie pro přípravu teplé vody 2,100 kWh za den;
- Program odběru vody č. 2 – profil průměrného denního odběru pro rodinu s používáním sprchy, ekvivalentní objem teplé vody při 60 °C je 100 litrů, potřeba energie pro přípravu teplé vody 5,845 kWh za den;

- Program odběru vody č. 3 – profil průměrného denního odběru pro tříčlennou rodinu s používáním vany a sprchy, ekvivalentní objem teplé vody při 60 °C je 200 litrů, potřeba energie pro přípravu teplé vody 11,655 kWh za den;

Jak bylo uvedeno výše, tyto programy jsou vhodné pouze pro jednogenerační rodinné domy a jsou blíže popsány a definovány v [17]. Pro danou budovu není výpočet dle této metody aplikován.

3.2.1.2. Potřeba energie pro přípravu teplé vody podle požadovaného objemu

Požadovaný denní objem teplé vody $V_{W,day}$ je nezbytný pro výpočet potřeby energie pro přípravu teplé vody a závisí na typu budovy, druhu činnosti a stylu užití zóny v rámci budovy s prováděním více než jedné činnosti.

Objem teplé vody se vypočítá dle vztahu:

$$V_{W,day} = \frac{V_{W,f,day} \cdot f}{1000} \quad [\text{m}^3/\text{den}]$$

kde:

$V_{W,day}$... objem teplé vody [m^3/den]

$V_{W,f,day}$... počet litrů teplé vody na jednotku a den při teplotě $\theta_{W,del}$

f ... počet zohledňovaných jednotek

$\theta_{W,del}$... stanovená výstupní teplota teplé vody [$^{\circ}\text{C}$], $\theta_{W,del} = 60^{\circ}\text{C}$

Informativní hodnoty $V_{W,f,day}$ a jednotku f pro různé budovy stanovuje příloha B.1 normy ČSN 15316-3-1:

Tabulka č. 4 Hodnoty pro výpočet potřeb teplé vody pro obytný dům a kanceláře

Typ činnosti	$V_{W,f,day}$ [l / jednotka / den]	f [jednotka]
Obytný dům	viz příloha B.2	podlahová plocha [m^2]
Kanceláře	potřeby teplé vody nejsou vzaty v úvahu	

Pro výpočet požadovaného objemu teplé vody pro obytný dům se Tabulka č. 4 odvolává na výpočet koeficientu f , který je definován jako celková podlahová plocha budovy. Čili množství teplé vody na jednotku a den se stanoví dle vztahu:

$$V_{W,f,day} = \frac{x \cdot \ln f - y}{f} \quad [\text{l/m}^2 \text{ za den}] \quad \text{pro } f > \text{prahová hodnota}$$

$$V_{W,f,day} = z \quad [\text{l/m}^2 \text{ za den}] \quad \text{pro min. hodnota} \leq f \leq \text{prahová hodnota}$$

kde:

x, y, z ... konstanty při $\theta_{W,del}$ dle přílohy B.2 ČSN EN 15316-3-1,
stejně tak minimální a prahová hodnota

$$x = 39,5 \text{ [l/den]}$$

$$y = 90,2 \text{ [l/den]}$$

$$z = 1,49 \text{ [l/m}^2 \text{ za den]}$$

$$\text{prahová hodnota} = 14 \text{ m}^2$$

$$\text{minimální hodnota} = 27 \text{ m}^2$$

Norma neuvádí množství teplé vody $V_{W,f,day}$ pro budovy jako jsou vzdělávací zařízení, kanceláře, divadla, sklady aj., tudíž je nutné použít jiné vhodné zdroje¹⁸.

Potřeba energie pro přípravu teplé vody Q_W závisí na množství teplé vody (viz výše uvedený výpočet) a na teplotě vody vstupní a výstupní.

$$Q_W = 4,182 \cdot V_{W,day} \cdot (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) \quad [\text{MJ/den}]$$

kde:

Q_W ... potřeba energie pro přípravu teplé vody [MJ/den]

4,182 ... měrná tepelná kapacita vody [kJ/(kg · K)]

$V_{W,day}$... objem teplé vody [m³/den]

$\theta_{W,del}$... stanovená výstupní teplota teplé vody [°C]

$\theta_{W,0}$... vstupní teplota studené vody [°C]

Výpočet potřeby energie pro přípravu teplé vody dle této metody vychází, stejně jako metoda výpočtu dle ČSN 06 0320, z kalorimetrické rovnice. Metody se od sebe liší pouze ve výpočtu objemu teplé vody.

Pro výpočet norma ČSN EN 15316-3-1 uvažuje hodnotu výstupní teploty teplé vody $\theta_{W,del} = 60 \text{ °C}$ a hodnotu vstupní teploty vody $\theta_{W,0} = 13,5 \text{ °C}$.

¹⁸ VRÁNA, Jakub. *Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody* [online]. 2010-10-11 [2012-12-2]. Dostupné z: www.tzb-info.cz: Tabulka č. 1 – Stanovení specifických potřeby teplé vody s odkazem na literaturu FEURICH, H. a kol. Sanitärtechnik. Düsseldorf: Krammer Verlag, 1999. ISBN 3-88382-072-5.

VÝPOČET

Podle normy výpočet potřeby teplé vody pro privátní zónu vychází z celkové podlahové plochy, která činí $f = 515 \text{ m}^2$.

$$f = 515 \text{ m}^2 > \text{prahová hodnota} = 14 \text{ m}^2 \text{ a zároveň}$$

$$f = 515 \text{ m}^2 > \text{minimální hodnota} = 27 \text{ m}^2$$

Počet litrů teplé vody na jednotku a den při teplotě $\theta_{W,del} = 60 \text{ °C}$ se stanoví dle:

$$V_{W,f,day} = \frac{x \cdot \ln f - y}{f} = \frac{39,5 \cdot \ln 515 - 90,2}{515} = 0,30 \text{ [l/m}^2 \text{ za den]}$$

Potřebu teplé vody na jednotku a den norma pro administrativní zónu nestanovuje, čili je nutné vycházet z jiných zdrojů. Ve výpočtu je uvažováno s hodnotou $V_{W,f,day} = 15 \text{ l/osobu za den}^{19}$. Vycházíme opět z předpokladu, že v administrativní zóně je 5 zaměstnanců, čili celkový požadovaný denní objem teplé vody je:

(A) PRACOVNÍ DEN

$$V_{W,day} = \sum \frac{V_{W,f,day} \cdot f}{1000} = \frac{0,30 \cdot 515}{1000} + \frac{10 \cdot 5}{1000} = 0,155 + 0,050 = 0,205 \text{ [m}^3 \text{/den]}$$

(B) VÍKENDOVÝ DEN

$$V_{W,day} = \sum \frac{V_{W,f,day} \cdot f}{1000} = \frac{0,30 \cdot 515}{1000} = 0,155 \text{ [m}^3 \text{/den]}$$

Průměrná denní potřeba teplé vody dle požadovaného objemu:

$$V_{W,den} = \frac{(205 \cdot 252) + (155 \cdot 113)}{365} = 189,52 \text{ [l]} = 0,190 \text{ [m}^3 \text{]}$$

Roční potřeba teplé vody dle průměrné denní potřeby teplé vody:

$$V_{W,rok} = 0,190 \cdot 365 = 69,175 \text{ [m}^3 \text{/rok]}$$

Vzhledem k faktu, že podlahová plocha dané budovy je velká a tato metoda je spíše vhodná pro rodinné domy s menší podlahovou plochou, je vypočtená potřeba teplé vody poddimenzovaná, a tudíž tato metoda je pro výpočet nevyhovující. Celková potřeba teplé vody je stanovena dle následujícího odstavce.

¹⁹ Pro kancelář hodnota $V_{W,f,day} = 10 \text{ l/osobu za den}$ je stanovena dle [25]

Uvažujeme-li ve výpočtu specifické potřeby teplé vody na osobu dle [25] (v předešlém vztahu byla uvažována jako měrná jednotka podlahová plocha budovy), použije se pro výpočet hodnoty uvedené v *Tabulce č. 5*.

Tabulka č. 5 Specifické potřeby teplé vody pro obytný dům a kanceláře

Druh budovy	Specif. potřeba TV $V_{W,f,day}$ [l / jednotka / den]	Měrná jednotka f [-]
Rodinný dům	40 až 50	obyvatel
Administrativní budova	10 až 15	osoba

Požadovaný denní objem teplé vody pro 7 obyvatel domu a 5 zaměstnanců firmy činí:

(A) PRACOVNÍ DEN

$$V_{W,day} = \sum \frac{V_{W,f,day} \cdot f}{1000} = \frac{40 \cdot 7}{1000} + \frac{10 \cdot 5}{1000} = 0,280 + 0,050 = 0,330 \text{ [m}^3\text{/den]}$$

(B) VÍKENDOVÝ DEN

$$V_{W,day} = \sum \frac{V_{W,f,day} \cdot f}{1000} = \frac{40 \cdot 7}{1000} = 0,280 \text{ [m}^3\text{/den]}$$

Průměrná denní potřeba teplé vody dle požadovaného objemu:

$$V_{W,den} = \frac{(330 \cdot 252) + (280 \cdot 113)}{365} = 314,52 \text{ [l]} = 0,315 \text{ [m}^3\text{]}$$

Roční potřeba teplé vody dle průměrné denní potřeby teplé vody:

$$V_{W,rok} = 0,315 \cdot 365 = 114,80 \text{ [m}^3\text{/rok]}$$

Potřeba energie pro přípravu teplé vody Q_W se potom stanoví dle vztahu:

(A) PRACOVNÍ DEN

$$\begin{aligned} Q_W &= 4,182 \cdot V_{W,day} \cdot (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) = 4,182 \cdot 0,330 \cdot (55 - 15) = 55,202 \text{ [MJ/den]} \\ &= 15,334 \text{ [kWh/den]} \end{aligned}$$

(B) VÍKENDOVÝ DEN

$$Q_W = 4,182 \cdot V_{W,day} \cdot (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) = 4,182 \cdot 0,280 \cdot (55 - 15) = 46,838 \text{ [MJ/den]} \\ = 13,011 \text{ [kWh/den]}$$

Průměrná denní potřeba energie pro přípravu teplé vody:

$$Q_{W,den} = \frac{(55,202 \cdot 252) + (46,838 \cdot 113)}{365} = 52,613 \text{ [MJ/den]} = 14,615 \text{ [kWh/den]}$$

Roční potřeba energie pro přípravu teplé vody dle průměrné denní potřeby energie:

$$Q_{W,rok} = 52,613 \cdot 365 = 19\,203,60 \text{ [MJ/rok]} = 19,204 \text{ [GJ/rok]} = 5,334 \text{ [MWh/rok]}$$

3.2.1.3. Potřeba energie pro přípravu teplé vody založené na podlahové ploše

Metoda předpokládá přímou úměru mezi potřebami energie pro přípravu teplé vody a podlahovou plochou budovy. Principiálně stejný výpočet uvádí také německá norma DIN V 18599-10: 2007-02.

Potom platí:

$$Q_W = Q_{W,A,day} \cdot A \quad \text{[MJ/den]}$$

kde:

$$\begin{array}{ll} Q_W & \dots \text{ potřeba energie pro přípravu teplé vody [MJ/den]} \\ Q_{W,A,day} & \dots \text{ konkrétní potřeba energie pro přípravu TV [MJ/m}^2 \text{ za den]} \\ A & \dots \text{ podlahová plocha [m}^2 \text{]} \end{array}$$

Konkrétní potřeba energie $Q_{W,A,day}$ závisí na gradientu teplot vody a hodnoty této energie musí specifikovat národní příloha. V tomto případě nelze metodu aplikovat, jelikož národní předpis stanovující potřeby energie pro přípravu teplé vody na m^2 není pro ČR publikován, lze ale využít směrné hodnoty dle DIN V 18599-10:

Tabulka č. 6 Směrná čísla potřeby energie pro přípravu teplé vody vztažené na 1 m^2

Typ zóny	Energie nutná pro ohřev teplé vody $q_{W,nd,A,z,d}$
Rodinný dům	16 [kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{rok}$)] = 44 [Wh/($\text{m}^2 \cdot \text{den}$)]
Administrativní budova	30 [Wh/($\text{m}^2 \cdot \text{den}$)]

VÝPOČET

Níže uvedený výpočet je uveden za předpokladu použití vstupních parametrů dle německé DIN V 18599-10.

(A) PRACOVNÍ DEN

$$Q_W = q_{W,nd,A,z,d} \cdot A = 44 \cdot 515 + 30 \cdot 88 = 22\,660 + 2\,640 = 25\,300 \text{ [Wh/den]} = \\ = 25,3 \text{ [kWh/den]} = 91,08 \text{ [MJ/den]}$$

(B) VÍKENDOVÝ DEN

$$Q_W = q_{W,nd,A,z,d} \cdot A = 44 \cdot 515 = 22\,660 \text{ [Wh/den]} = 22,66 \text{ [kWh/den]} = \\ = 81,576 \text{ [MJ/den]}$$

Průměrná denní potřeba energie pro přípravu teplé vody dle podlahové plochy:

$$Q_{W,den} = \frac{(91,08 \cdot 252) + (81,576 \cdot 113)}{365} = 88,138 \text{ [MJ/den]} = 24,483 \text{ [kWh/den]}$$

Roční potřeba energie pro přípravu teplé vody dle průměrné denní potřeby energie:

$$Q_{W,rok} = 88,138 \cdot 365 = 32\,170,37 \text{ [MJ/rok]} = 32,17 \text{ [GJ/rok]} = 8,94 \text{ [MWh/rok]}$$

3.2.1.4. Tabulkové potřeby energie pro přípravu teplé vody

Principem této metody je sestavení tabulky s denními potřebami energie pro přípravu teplé vody podle parametrů závisících zejména na typu budovy a druhu činnosti. Směrné hodnoty denních potřeb energie musí být zavedeny národními předpisy.

Pro danou budovu není výpočet dle této metody aplikován.

3.2.1.5. Rekapitulace vypočtených hodnot a stanovení ročních potřeb teplé vody a tepla pro její přípravu

Potřeba teplé vody a energie pro její přípravu podle požadovaného objemu ([3.2.1.2.](#)):

Průměrná denní potřeba teplé vody $V_{W,den}$	0,315 [m ³ /den]	
Roční potřeba teplé vody $V_{W,rok}$	114,80 [m ³ /rok]	
Průměrná denní potřeba energie pro přípravu teplé vody $Q_{W,den}$	52,613 [MJ/den]	14,615 [kWh/den]
Roční potřeba energie pro přípravu teplé vody $Q_{W,rok}$	19,204 [GJ/rok]	5,334 [MWh/rok]

Potřeba energie pro přípravu teplé vody založené na podlahové ploše (3.2.1.3.):

Průměrná denní potřeba energie pro přípravu teplé vody $Q_{W,den}$	88,138 [MJ]/den]	24,483 [kWh/den]
Roční potřeba energie pro přípravu teplé vody $Q_{W,rok}$	32,170 [GJ]/rok]	8,936 [MWh/rok]

Pro další výpočet je uvažována *potřeba energie pro její přípravu stanovená podle požadovaného objemu* (3.2.1.2.).

3.2.2. ČSN EN 15316-3-2 Soustavy teplé vody, rozvody

Dle ČSN EN 15316-3-2, str. 8, čl. 3.8 je potřeba energie pro přípravu teplé vody:

„teplo, které se má dodat pro potřebné množství teplé vody pro zvýšení teploty z teploty studené vody z distribuční sítě na předem nastavenou výstupní teplotu vody v místě odběru“. Jinými slovy celková potřeba energie, kterou je do soustavy nutné dodat, aby teplota na výtoku dosahovala požadované teploty, musí obsahovat navýšení o tepelné ztráty distribuční soustavy vč. ztrát v zásobníkovém ohřívači. Problematikou tepelného toku z distribuční sítě teplé vody do okolního prostředí se zabývá norma ČSN EN 15316-3-2.

Norma nejprve charakterizuje soustavy teplé vody. Jedná se o případy:

- jedna zóna a jedna soustava – jedná se o jedno rozvodné potrubí propojující jeden zdroj tepla nebo zásobník a odběrné místo uživatele;
- jedna zóna a několik soustav – příprava teplé vody zajištěna více než jedním zdrojem TV, výpočet ztrát tepla se provádí samostatně pro každou soustavu, ale celková ztráta soustavy v dané zóně je součet ztrát jednotlivých soustav;
- více zón s jednou soustavou – pro budovu o více zónách je instalována jedna společná soustava teplé vody, celková ztráta tepla se stanoví pro danou soustavu a celková ztráta tepla je tudíž součtem ztrát tepla každé zóny.

Celková ztráta tepla rozvodu

Tepelné ztráty se určí zvlášť pro cirkulační okruh a zvlášť pro jednotlivé rozvodné úseky (ztráty tepla každé části se počítají samostatně).

$$Q_{W,dis,ls} = \sum_{ind} Q_{W,dis,ls,ind} + Q_{W,dis,ls,col} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

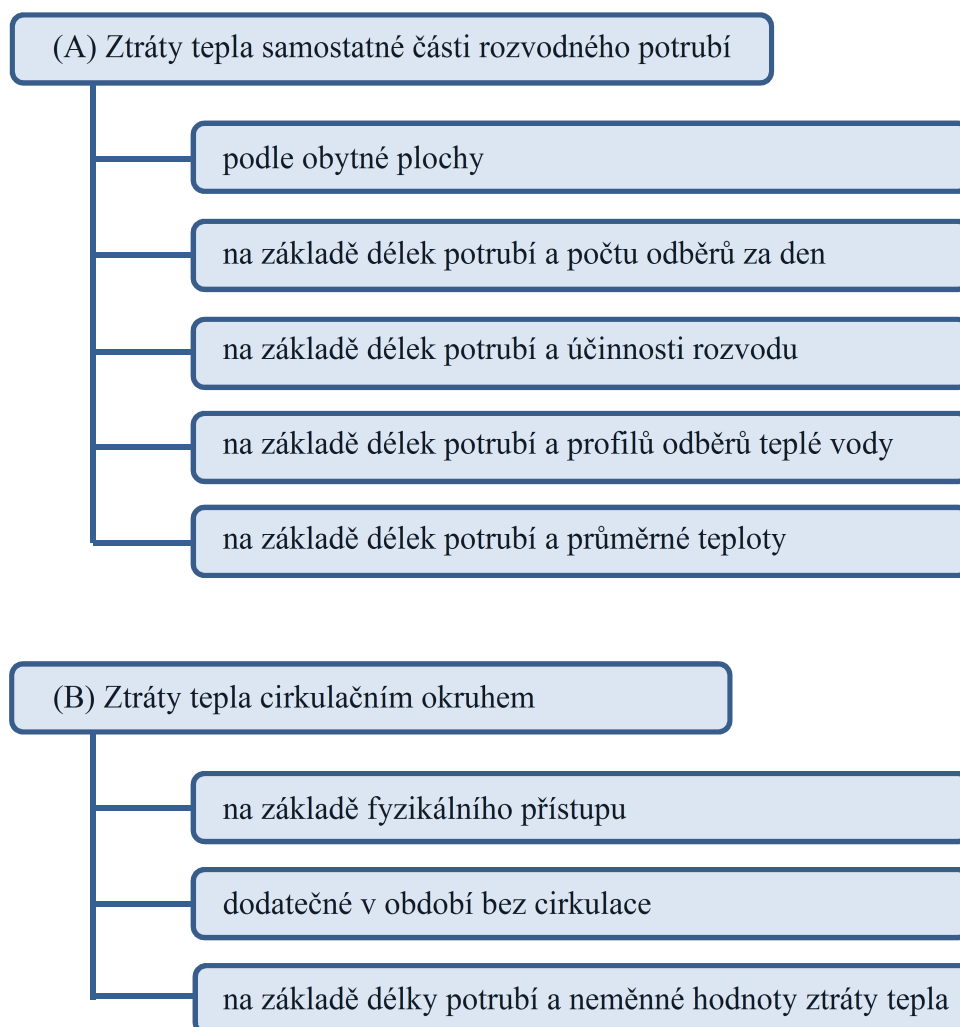
kde:

$$Q_{W,dis,ls} \quad \dots \quad \text{celková ztráta tepla soustavy rozvodu} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

$\sum_{ind} Q_{W,dis,ls,ind}$	...	součet ztrát tepla samostatného rozvodného potrubí soustavy rozvodu [MJ]/den]
$Q_{W,dis,ls,col}$	...	ztráta tepla cirkulačního okruhu soustavy rozvodu [MJ]/den]

Ztrátou tepla soustavy se rozumí ztráta tepelného obsahu v rozvodu (po ukončení odběru teplé vody) do okolí. Během odběru teplé vody přispívá ke snížení ztrát tepla v rozvodech tepelná izolace potrubí, a její účinek se odvíjí od délky časového intervalu mezi jednotlivými odběry, tzn., je-li časový interval mezi odběry dostatečně dlouhý, tepelná izolace nemá na ztrátu tepla vliv a teplota vody dosáhne teploty okolí potrubí (předpoklad níže uvedených vztahů). Uvažuje-li profil odběru teplé vody krátké intervaly mezi odběry, vliv tepelné izolace již není zanedbatelný a tudíž je nutné uvažovat snížení ztrát tepla.

Celkové ztráty tepla v rozvodu se dělí na:



3.2.2.1. Ztráty tepla samostatné části rozvodného potrubí

Ztráty tepla potrubím podle obytné plochy

Výpočet podle této metody se vztahuje k podlahové ploše a má spíše informativní charakter (metoda nevyžaduje podrobné znalosti rozvodu teplé vody). Využití má pouze v jednoduchých případech, obvykle se jedná o obytné budovy s rozvodem teplé vody bez cirkulace (krátké délky potrubí). Národní příloha musí ovšem definovat omezení použitelnosti této metody a také vstupní a limitní hodnoty.

Pro danou budovu není výpočet dle této metody aplikován.

Ztráty tepla potrubím na základě délek potrubí a počtu odběrů za den

Ztráta tepla rozvodného potrubí, které není součástí cirkulačního okruhu, se vypočítá dle níže uvedeného vztahu, který bere v úvahu ztrátu tepla z vody v potrubí:

$$Q_{W,dis,ls,ind} = \frac{\rho_W \cdot c_W}{1\,000} \cdot V_{W,dis} \cdot (\theta_{W,dis,nom} - \theta_{amb}) \cdot \eta_{tap} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

ρ_W	... měrná hmotnost vody [kg/m ³]
c_W	... měrná tepelná kapacita vody [kJ/(kg · K)]
$V_{W,dis}$	... objem vody obsažený v potrubí [m ³]
θ_{amb}	... průměrná teplota okolního prostředí kolem potrubí [°C]
$\theta_{W,dis,nom}$	... teplota teplé vody přiváděné do úseku potrubí [°C]
η_{tap}	... počet odběrů teplé vody v průběhu dne [–]

Výpočetní vztah předpokládá úplnou ztrátu tepla z objemu vody, čili mezi odběry teplota vody klesne na teplotu okolí potrubí.

Budeme-li uvažovat také ztráty tepla z potrubí, bude vztah vypadat následovně:

$$Q_{W,dis,ls,ind,i} = \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,i} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,i} - \theta_{amb,i}) \cdot \eta_{tap}$$

kde:

$Q_{W,dis,ls,ind,i}$	... maximální ztráta tepla [MJ/den]
ρ_W	... měrná hmotnost vody [kg/m ³]
c_W	... měrná tepelná kapacita vody [kJ/(kg · K)]
$V_{W,dis,i}$	... objem vody obsažený v úseku potrubí [m ³]
c_p	... měrná tepelná kapacita materiálu potrubí [kJ/(kg · K)]
$m_{p,dis,i}$	... hmotnost úseku potrubí [kg]

$\theta_{amb,i}$	...	průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí [°C]
$\theta_{W,dis,nom,i}$	...	teplota teplé vody přiváděné do úseku potrubí [°C]
η_{tap}	...	počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí [–]

Výpočet neobsahuje snížení ztrát tepla v případě krátkých časových intervalů mezi jednotlivými odběry, ztráty tepla výtokových armatur a ztráty tepla nevyužitou teplotou vodou.

VÝPOČET:

Pro výpočet byla soustava rozdělena na jednotlivé úseky – celkem soustava obsahuje tři stoupací potrubí, na která jsou napojena podlažní rozvodná (připojovací) potrubí a právě jednotlivá podlažní připojovací potrubí činí v rámci daného stoupacího potrubí jeden výpočtový úsek. Připojovací potrubí teplé i studené vody jsou z materiálu PPR PN 16.

Vstupní hodnoty:

Měrná tepelná kapacita vody:	$c_W = 4,182 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$
Hustota vody:	$\rho_W = 1\,000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Měrná tepelná kapacita PPR potrubí:	$c_p = 1,8 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$
Hmotnost PPR PN 16 20 x 2,8:	$m_{p,20} = 0,145 \text{ [kg/m]}$
Hmotnost PPR PN 16 32 x 4,4:	$m_{p,32} = 0,367 \text{ [kg/m]}$

Výpočet bere v úvahu ztráty tepla z potrubí a ztráty tepla z vody v potrubí. Pro stanovení objemu vody v potrubí, musíme znát průměr potrubí a délky všech daných úseků.

(A) PRACOVNÍ DEN – PONDĚLÍ

Úsek č. 1 - S3, 3.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{1.1} = \sum l_j = 1 + 4,06 = 5,06 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,1.1} = \frac{\pi \cdot d_{1.1}^2}{4} \cdot L_{1.1} = \frac{\pi \cdot 0,0144^2}{4} \cdot 5,06 = 0,000824 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,1.1} = m_{p,20} \cdot L_{1.1} = 0,145 \cdot 5,06 = 0,7337 \text{ [kg]}$
Teplota teplé vody přiváděné do potrubí:	$\theta_{W,dis,nom,1} = 55 \text{ [°C]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,1} = 21 \text{ [°C]}$
Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 1 \text{ [–]}$

$$\begin{aligned}
Q_{W,dis,ls,ind,1.1} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,1.1} + c_p \cdot m_{p,dis,1.1}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,1} - \theta_{amb,1}) \cdot \eta_{tap} = \\
&= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 8,24 \cdot 10^4 + 1,8 \cdot 0,7337}{1\,000} \cdot (55 - 21) \cdot 1 = \\
&= 0,16208 \text{ [MJ/den]} = 0,04502 \text{ [kWh/den]}
\end{aligned}$$

PPR PN 16 DN 32x3,5:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{1.2} = \sum l_j = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,1.2} = \frac{\pi \cdot d_{1.2}^2}{4} \cdot L_{1.2} = \frac{\pi \cdot 0,0232^2}{4} \cdot 0,6 = 0,000254 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,1.2} = m_{p,32} \cdot L_{1.2} = 0,367 \cdot 0,6 = 0,2202 \text{ [kg]}$

$$\begin{aligned}
Q_{W,dis,ls,ind,1.2} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,1.2} + c_p \cdot m_{p,dis,1.2}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,1} - \theta_{amb,1}) \cdot \eta_{tap} = \\
&= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 2,54 \cdot 10^4 + 1,8 \cdot 0,2202}{1\,000} \cdot (55 - 21) \cdot 1 = \\
&= 0,04954 \text{ [MJ/den]} = 0,01376 \text{ [kWh/den]}
\end{aligned}$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 1 – S3, 3.NP:

$$\begin{aligned}
Q_{W,dis,ls,ind,1} &= Q_{W,dis,ls,ind,1.1} + Q_{W,dis,ls,ind,1.2} = 0,16208 + 0,04954 \\
&= 0,21162 \text{ [MJ/den]} = 0,05878 \text{ [kWh/den]}
\end{aligned}$$

Úsek č. 2 - S3, 2.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_2 = \sum l_j = 2,62 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,2} = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot L_2 = \frac{\pi \cdot 0,0144^2}{4} \cdot 2,62 = 0,000427 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,2} = m_{p,20} \cdot L_2 = 0,145 \cdot 2,62 = 0,3799 \text{ [kg]}$
Jmenovitá teplota teplé vody v úseku potrubí:	$\theta_{W,dis,nom,2} = 55 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,2} = 21 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 5 \text{ [-]}$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 2 – S3, 2.NP:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,2} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,2} + c_p \cdot m_{p,dis,2}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,2} - \theta_{amb,2}) \cdot \eta_{tap} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 4,27 \cdot 10^4 + 1,8 \cdot 0,3799}{1\,000} \cdot (55 - 21) \cdot 5 = \\
 &= 0,41960 \text{ [MJ/den]} = 0,11656 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Úsek č. 3 - S3, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_3 = \sum l_j = 2,62 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,3} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{\pi \cdot 0,0144^2}{4} \cdot 2,62 = 0,000427 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,3} = m_{p,20} \cdot L_3 = 0,145 \cdot 2,62 = 0,3799 \text{ [kg]}$
Jmenovitá teplota teplé vody v úseku potrubí:	$\theta_{W,dis,nom,3} = 55 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,3} = 21 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 15 \text{ [-]}$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 3 – S3, 1.NP:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,3} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,3} + c_p \cdot m_{p,dis,3}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,3} - \theta_{amb,3}) \cdot \eta_{tap} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 4,27 \cdot 10^4 + 1,8 \cdot 0,3799}{1\,000} \cdot (55 - 21) \cdot 15 = \\
 &= 1,25881 \text{ [MJ/den]} = 0,34967 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Úsek č. 4 – dřez, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_4 = \sum l_j = 0,5 + 0,45 = 0,95 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,4} = \frac{\pi \cdot d_4^2}{4} \cdot L_4 = \frac{\pi \cdot 0,0144^2}{4} \cdot 0,95 = 0,000155 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,4} = m_{p,20} \cdot L_4 = 0,145 \cdot 0,95 = 0,13775 \text{ [kg]}$
Jmenovitá teplota teplé vody v úseku potrubí:	$\theta_{W,dis,nom,4} = 55 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,4} = 21 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 10 \text{ [-]}$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 4 – drez, 1.NP:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,4} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,4} + c_p \cdot m_{p,dis,4}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,4} - \theta_{amb,4}) \cdot \eta_{tap} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 1,55 \cdot 10^4 + 1,8 \cdot 0,13775}{1\,000} \cdot (55 - 21) \cdot 10 = \\
 &= 0,30429 \text{ [MJ/den]} = 0,08453 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Úsek č. 5 – S2, 2.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{5.1} = \sum l_j = 1,75 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,5.1} = \frac{\pi \cdot d_{5.1}^2}{4} \cdot L_{5.1} = \frac{\pi \cdot 0,0144^2}{4} \cdot 1,75 = 0,000285 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,5.1} = m_{p,20} \cdot L_{5.1} = 0,145 \cdot 1,75 = 0,25375 \text{ [kg]}$
Jmenovitá teplota teplé vody v úseku potrubí:	$\theta_{W,dis,nom,5} = 55 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,5} = 24 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 20 \text{ [-]}$

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,5.1} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,5.1} + c_p \cdot m_{p,dis,5.1}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,5} - \theta_{amb,5}) \cdot \eta_{tap} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 2,85 \cdot 10^{-4} + 1,8 \cdot 0,25375}{1\,000} \cdot (55 - 24) \cdot 20 = \\
 &= 1,02214 \text{ [MJ/den]} = 0,28393 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

PPR PN 16 DN 32x3,5:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{5.2} = \sum l_j = 9,24 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,5.2} = \frac{\pi \cdot d_{5.2}^2}{4} \cdot L_{5.2} = \frac{\pi \cdot 0,0232^2}{4} \cdot 9,24 = 0,003906 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,5.2} = m_{p,32} \cdot L_{5.2} = 0,367 \cdot 9,24 = 3,39108 \text{ [kg]}$

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,5.2} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,5.2} + c_p \cdot m_{p,dis,5.2}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,5} - \theta_{amb,5}) \cdot \eta_{tap} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 39,06 \cdot 10^{-4} + 1,8 \cdot 3,39108}{1\,000} \cdot (55 - 24) \cdot 20 = \\
 &= 13,91208 \text{ [MJ/den]} = 3,86447 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 5 – S2, 2.NP:

$$Q_{W,dis,ls,ind,5} = Q_{W,dis,ls,ind,5.1} + Q_{W,dis,ls,ind,5.2} = 1,02214 + 13,91208 = 14,93422 \text{ [MJ/den]} = 4,14839 \text{ [kWh/den]}$$

Úsek č. 6 – S2, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{6.1} = \sum l_j = 1,75 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,6.1} = \frac{\pi \cdot d_{6.1}^2}{4} \cdot L_{6.1} = \frac{\pi \cdot 0,0144^2}{4} \cdot 1,75 = 0,000285 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,6.1} = m_{p,20} \cdot L_{6.1} = 0,145 \cdot 1,75 = 0,25375 \text{ [kg]}$
Jmenovitá teplota teplé vody v úseku potrubí:	$\theta_{W,dis,nom,6} = 55 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,6} = 24 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 5 \text{ [-]}$

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,6.1} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,6.1} + c_p \cdot m_{p,dis,6.1}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,6} - \theta_{amb,6}) \cdot \eta_{tap} = \\ &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 2,85 \cdot 10^4 + 1,8 \cdot 0,25375}{1\,000} \cdot (55 - 24) \cdot 5 = \\ &= 0,25554 \text{ [MJ/den]} = 0,07098 \text{ [kWh/den]} \end{aligned}$$

PPR PN 16 DN 32x3,5:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{6.2} = \sum l_j = 9,24 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v úseku potrubí:	$V_{W,dis,6.2} = \frac{\pi \cdot d_{6.2}^2}{4} \cdot L_{6.2} = \frac{\pi \cdot 0,0232^2}{4} \cdot 9,24 = 0,003906 \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí:	$m_{p,6.2} = m_{p,32} \cdot L_{6.2} = 0,367 \cdot 9,24 = 3,39108 \text{ [kg]}$

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,6.2} &= \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,6.2} + c_p \cdot m_{p,dis,6.2}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,6} - \theta_{amb,6}) \cdot \eta_{tap} = \\ &= \frac{1\,000 \cdot 4,18 \cdot 39,06 \cdot 10^4 + 1,8 \cdot 3,39108}{1\,000} \cdot (55 - 24) \cdot 5 = \\ &= 3,47805 \text{ [MJ/den]} = 0,96613 \text{ [kWh/den]} \end{aligned}$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 6 – S2, 1.NP:

$$Q_{W,dis,ls,ind,6} = Q_{W,dis,ls,ind,6.1} + Q_{W,dis,ls,ind,6.2} = 0,25554 + 3,47805 = 3,73359 \text{ [MJ/den]} = 1,03711 \text{ [kWh/den]}$$

Celková ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind}$ během PRACOVNÍHO DNE:

Úsek	[MJ/den]	[kWh/den]
$Q_{W,dis,ls,ind,1}$	0,21162	0,05878
$Q_{W,dis,ls,ind,2}$	0,41960	0,11656
$Q_{W,dis,ls,ind,3}$	1,25881	0,34967
$Q_{W,dis,ls,ind,4}$	0,30429	0,08453
$Q_{W,dis,ls,ind,5}$	14,93422	4,14839
$Q_{W,dis,ls,ind,6}$	3,73359	1,03711
$\sum Q_{W,dis,ls,ind} =$	20,86213	5,79504

(B) VÍKENDOVÝ DEN - NEDĚLE

Úsek č. 1 - S3, 3.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 2 [-]$
---	----------------------

$$Q_{W,dis,ls,ind,1.1} = 0,32415 \text{ [MJ/den]} = 0,09004 \text{ [kWh/den]}$$

PPR PN 16 DN 32x3,5:

$$Q_{W,dis,ls,ind,1.2} = 0,09908 \text{ [MJ/den]} = 0,02752 \text{ [kWh/den]}$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 1 – S3, 3.NP:

$$Q_{W,dis,ls,ind,1} = Q_{W,dis,ls,ind,1.1} + Q_{W,dis,ls,ind,1.2} = 0,32415 + 0,09908 = 0,42323 \text{ [MJ/den]} = 0,11756 \text{ [kWh/den]}$$

Úsek č. 2 - S3, 2.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 7 [-]$
---	----------------------

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 2 – S3, 2.NP:

$$Q_{W,dis,ls,ind,2} = 0,58744 \text{ [MJ/den]} = 0,16318 \text{ [kWh/den]}$$

Úsek č. 3 - S3, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 0 [-]$
---	----------------------

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 3 – S3, 1.NP:

$$Q_{W,dis,ls,ind,3} = 0,00000 \text{ [MJ/den]} = 0,00000 \text{ [kWh/den]}$$

Úsek č. 4 – dřez, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 1 [-]$
---	----------------------

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 4 – dřez, 1.NP:

$$Q_{W,dis,ls,ind,4} = 0,03043 \text{ [MJ/den]} = 0,00845 \text{ [kWh/den]}$$

Úsek č. 5 – S2, 2.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 20 [-]$
---	-----------------------

$$Q_{W,dis,ls,ind,5.1} = 1,02214 \text{ [MJ/den]} = 0,28393 \text{ [kWh/den]}$$

PPR PN 16 DN 32x3,5:

$$Q_{W,dis,ls,ind,5.2} = 13,91208 \text{ [MJ/den]} = 3,86447 \text{ [kWh/den]}$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 5 – S2, 2.NP:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,5} &= Q_{W,dis,ls,ind,5.1} + Q_{W,dis,ls,ind,5.2} = 1,02214 + 13,91208 = \\ &= 14,93422 \text{ [MJ/den]} = 4,14839 \text{ [kWh/den]} \end{aligned}$$

Úsek č. 6 – S2, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Počet odběrů teplé vody za den při použití úseku potrubí:	$\eta_{tap} = 5 [-]$
---	----------------------

$$Q_{W,dis,ls,ind,6.1} = 0,25554 [\text{MJ}/\text{den}] = 0,07098 [\text{kWh}/\text{den}]$$

PPR PN 16 DN 32x3,5:

$$Q_{W,dis,ls,ind,6.2} = 3,47805 [\text{MJ}/\text{den}] = 0,96613 [\text{kWh}/\text{den}]$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 6 – S2, 1.NP:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,6} &= Q_{W,dis,ls,ind,6.1} + Q_{W,dis,ls,ind,6.2} = 0,25554 + 3,47805 = \\ &= 3,73359 [\text{MJ}/\text{den}] = 1,03711 [\text{kWh}/\text{den}] \end{aligned}$$

Celková ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind}$ během VÍKENDOVÉHO DNE:

Úsek	[MJ]/den]	[kWh]/den]
$Q_{W,dis,ls,ind,1}$	0,42323	0,11756
$Q_{W,dis,ls,ind,2}$	0,58744	0,16318
$Q_{W,dis,ls,ind,3}$	0,00000	0,00000
$Q_{W,dis,ls,ind,4}$	0,03043	0,00845
$Q_{W,dis,ls,ind,5}$	14,93422	4,14839
$Q_{W,dis,ls,ind,6}$	3,73359	1,03711
$\sum Q_{W,dis,ls,ind} =$	19,70891	5,47469

	Pracovní den		Víkendový den	
Ztráta $Q_{W,dis,ls,ind}$:	20,862 [MJ]	5,795 [kWh]	19,709 [MJ]	5,475 [kWh]

Průměrná denní ztráta tepla stanovená výpočtem dle metody ztrát tepla na základě délek potrubí a počtu odběrů za den:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,den} &= \frac{(20,862 \cdot 252) + (19,709 \cdot 113)}{365} = 20,505 [\text{MJ}/\text{den}] = \\ &= 5,696 [\text{kWh}/\text{den}] \end{aligned}$$

Roční ztráta tepla:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,rok} &= 20,505 \cdot 365 = 7\,484,3 [\text{MJ}/\text{rok}] = 7,484 [\text{GJ}/\text{rok}] = \\ &= 2,079 [\text{MWh}/\text{rok}] \end{aligned}$$

Kdybychom uvažovali mezi jednotlivými odběry zkrácené intervaly, museli bychom ve výpočtu uvažovat také s účinkem tepelné izolace, což by vedlo ke snížení tepelných ztrát.

Ztráta tepla v daném úseku, která nastává po každém odběru, po němž následuje krátký interval t_{tap} , je:

$$Q_{W,dis,ls,ind,i,tap} = \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,i} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,nom,i} - \theta_{W,i}) \quad [\text{MJ}]$$

a

$$\theta_{W,i} = \theta_{amb,i} + (\theta_{W,dis,nom,i} - \theta_{amb,i}) \cdot e^{-\frac{q_i \cdot L_i \cdot t_{tap}}{(\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,i} + c_p \cdot m_{p,dis,i}) \cdot (\theta_{W,dis,nom,i} - \theta_{amb,i}) \cdot 1000}}$$

kde:

$\theta_{W,i}$... konečná teplota TV v daném úseku potrubí před dalším odběrem [$^{\circ}\text{C}$]

q_i ... hustota tepelného toku v úseku potrubí [W/m]

L_i ... délka úseku potrubí [m]

t_{tap} ... časový interval před dalším odběrem [s]

Hustota tepelného toku se vypočítá podle vztahu:

$$q_i = U_R \cdot (\theta_{W,dis,nom,i} - \theta_{amb,i}) \quad [\text{W/m}]$$

a

$$U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{insul}} \cdot \frac{D_e}{D_{int}} + \frac{1}{\alpha \cdot D_e}} \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

kde:

U_R ... lineární součinitel prostupu tepla [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

λ_{insul} ... tepelná vodivost izolace [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

D_e ... vnější průměr potrubí izolovaného potrubí, čili vč. izolace [m]

D_{int} ... vnější průměr potrubí [m]

α ... součinitel přestupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

$\alpha = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pro izolovaná potrubí

$\alpha = 14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pro neizolovaná potrubí

Snížení ztrát tepla vlivem krátkých intervalů mezi odběry teplé vody nejsou ve výpočtu ztrát tepla pro danou budovu uvažovány.

Ztráty tepla potrubím na základě délek potrubí a účinnosti rozvodu

Tato metoda má omezené využití a vychází z odhadů podílů tepelné energie dosažené na výtokových armaturách pro různé délky potrubí. Výpočet je aplikovatelný pouze pro obytné domy a rozlišuje dodávku tepelné energie zvlášť do kuchyně a zvlášť do koupelny, čili výpočet podle této metody pro vícegenerační dům s větším počtem koupelen a kuchyní již není adekvátní.

Celková ztráta tepla z potrubí se vypočítá dle vztahu:

$$Q_{W,dis,ls,ind} = Q_W \cdot \frac{1 - \eta_{pipe}}{\eta_{pipe}} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

$Q_{W,dis,ls,ind}$	...	ztráta tepla přívodního potrubí [MJ/den]
Q_W	...	potřeba energie pro přípravu teplé vody [MJ/den]
η_{pipe}	...	kombinovaná účinnost potrubí pro dodávku teplé vody [–]

Kombinovaná účinnost potrubí pro dodávku teplé vody:

$$\eta_{pipe} = \frac{1}{\left(\frac{f_{kitchen}}{\eta_{pipe,kitchen}} + \frac{f_{bathroom}}{\eta_{pipe,bathroom}} \right)} \quad [–]$$

kde:

$f_{kitchen}$	...	podíl potřeby teplé vody v kuchyni [–]
$f_{bathroom}$	...	podíl potřeby teplé vody v koupelně [–]
$\eta_{pipe,kitchen}$	...	podíl tepelné energie na výtokové armatuře – kuchyně [–]
$\eta_{pipe,bathroom}$	...	podíl tepelné energie na výtokové armatuře – koupelna [–]

Pro výpočet kombinované účinnosti potrubí pro dodávku teplé vody příloha B normy ČSN EN 15316-3-2 stanovuje (normové) hodnoty podílů potřeby teplé vody f a uvádí tabulku pro určení podílu tepelné energie η . Podíl tepelné energie η (zvlášť pro kuchyň a koupelnu) norma definuje podle délky přívodního potrubí $L_{kitchen}$, $L_{bathroom}$ a podle vnitřního průměru přívodního potrubí d_{int} .

VÝPOČET

Výpočet podle této metody není pro danou budovu vhodný a výsledky nebudou v závěrečném hodnocení brány v úvahu, ale pro názornost je zde uveden.

Pro výpočet norma udává základní normové hodnoty $f_{kitchen}$, $f_{bathroom}$ a $\eta_{pipe,kitchen}$, $\eta_{pipe,bathroom}$ a abychom získali hodnoty podílů energie η , je nutné nejprve určit délku přívodního potrubí do koupelny a do kuchyně (od stoupacího potrubí).

Vstupní hodnoty:

Délka přívodního potrubí pro kuchyně:	$L_{kitchen} \leq 2$ [m]
Délka přívodního potrubí pro koupelny (S2) ²⁰ :	$L_{bathroom} > 8$ až 10 [m]
Délka přívodního potrubí pro koupelny, WC (S3):	$L_{bathroom} > 2$ až 4 [m]
Podíl potřeby teplé vody v kuchyni:	$f_{kitchen} = 0,2$ [–]
Podíl potřeby teplé vody v koupelně:	$f_{bathroom} = 0,8$ [–]
Vnitřní průměr potrubí:	$d_{int} > 10$ [mm]
Potřeba energie pro přípravu TV (viz výpočet dle 3.2.1.2.)	$Q_W = 52,615$ [MJ/den]

Tabulka č. 7 Podíl tepelné energie vztažené k výtakovým armaturám dle ČSN EN 15316-3

Délka přívodního potrubí [m]	≤ 2	> 2 až 4	> 8 až 10
Kuchyně:	$\eta_{pipe,kitchen}$		
Ostatní potrubí	1	0,69	0,36
Koupelna:	$\eta_{pipe,bathroom}$		
Veškeré potrubí	1	0,95	0,82

Kdybychom uvažovali pouze přívodní potrubí pro jednu koupelnu (S2) a pro jednu kuchyni, byla by kombinovaná účinnost potrubí pro dodávku teplé vody:

$$\eta_{pipe} = \frac{1}{\left(\frac{f_{kitchen}}{\eta_{pipe,kitchen}} + \frac{f_{bathroom}}{\eta_{pipe,bathroom}}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{0,2}{1,00} + \frac{0,8}{0,82}\right)} = 0,7627 \text{ [–]}$$

Celková ztráta tepla z potrubí pro dodávku teplé vody:

$$Q_{W,dis,ls,ind} = Q_W \cdot \frac{1 - \eta_{pipe}}{\eta_{pipe}} = 52,615 \cdot \frac{1 - 0,7627}{0,7627} = 16,37018 \text{ [MJ/den]} = 4,54727 \text{ [kWh/den]}$$

Upozorňuji na fakt, že výše uvedený výpočet není zcela korektní pro zadaný objekt. Jedním z důvodů je ten, že energie potřebná pro přípravu teplé vody Q_W (stanovená dle 3.2.1.2.) je vypočtená pro objekt jako celek a jelikož se jedná o vícegenerační budovu, která má více přívodních potrubí pro koupelny a kuchyně, není splněn předpoklad jedné kuchyně a jedné koupelny.

²⁰ Pro stanovení délky přívodního potrubí pro koupelnu je uvažováno s délkou potrubí od stoupacího potrubí po poslední výtakovou armaturu.

	Pracovní den		Víkendový den	
Ztráta $Q_{W,dis,ls,ind,den}$:	16,370 [MJ]	4,547 [kWh]	16,370 [MJ]	4,547 [kWh]

Průměrná denní ztráta tepla:

$$Q_{W,dis,ls,ind,den} = 16,370 \text{ [MJ]} = 4,547 \text{ [kWh]}$$

Roční ztráta tepla:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,rok} &= 16,370 \cdot 365 = 5\,975,12 \text{ [MJ/rok]} = 5,975 \text{ [GJ/rok]} = \\ &= 1,660 \text{ [MWh/rok]} \end{aligned}$$

Ztráta tepla potrubím na základě délek potrubí a profilů odběru teplé vody

Ztráty tepla jsou vyjádřeny jako podíl potřeby energie pro přípravu teplé vody na výtokových armaturách (potřeba energie pro přípravu teplé vody je stanovena dle evropských programů odběru teplé vody, viz [3.2.1.1.](#)). Tuto metodu výpočtu blíže popisuje příloha C normy ČSN EN 15316-3-2 a potřebu energie pro přípravu teplé vody dle programů odběru teplé vody ČSN EN 15316-3-1, čili uvedené programy jsou vhodné pro jednogenerační rodinné domy.

Ztráta tepla z potrubí se potom stanoví dle vztahu:

$$Q_{W,dis,ls,ind} = \alpha_{W,dis} \cdot Q_W \quad \text{[MJ/den]}$$

kde:

$\alpha_{W,dis}$... činitel energetické ztráty jako podíl potřeby energie pro přípravu TV
[–]

Q_W ... potřeba energie pro přípravu teplé vody [MJ/den]

Činitel energetické ztráty $\alpha_{W,dis}$ se vypočítá na základě tří normových programů odběrů teplé vody. Každému programu odpovídá normová potřeba energie $Q_{W,i}$ a pro každý program se také stanoví jednotliví činitele energetických ztrát $\alpha_{W,dis,i}$.

Programy odběrů teplé vody:

$\alpha_{W,dis,1}$... činitel energetické ztráty u programu odběru teplé vody č. 1, kdy

$$Q_{W,1} = 7\,560 \text{ [MJ/den]} = 2\,100 \text{ [kWh/den]}$$

$\alpha_{W,dis,2}$... činitel energetické ztráty u programu odběru teplé vody č. 2, kdy

$$Q_{W,2} = 21\,042 \text{ [MJ/den]} = 5\,845 \text{ [kWh/den]}$$

$\alpha_{W,dis,3}$... činitel energetické ztráty u programu odběru teplé vody č. 3, kdy

$$Q_{W,3} = 41\,958 \text{ [MJ/den]} = 11\,655 \text{ [kWh/den]}$$

Pozn.: Výše uvedené hodnoty $Q_{W,1}$ až $Q_{W,3}$ jsou dle mého názoru ve špatných jednotkách. Potřeba energie pro přípravu teplé vody v řádu tisíců až desetitisíců kilowatthodin za den je pro jednogenerační rodinný dům nereálná (předpoklad tiskové chyby) a správně by tyto hodnoty měly mít jednotku [Wh/den]. Příloha A normy ČSN EN 15316-3-1 tuto poznámku potvrzuje, takže by mělo být:

$$Q_{W,1} = 7,560 \text{ [MJ/den]} = 2,100 \text{ [kWh/den]}$$

$$Q_{W,2} = 21,042 \text{ [MJ/den]} = 5,845 \text{ [kWh/den]}$$

$$Q_{W,3} = 41,958 \text{ [MJ/den]} = 11,655 \text{ [kWh/den]}$$

Činitelé energetických ztrát:

$$\alpha_{W,dis,1} = 0,09 + 0,005 \cdot (L_{W,dis,hs,avg} - 6) + 0,008 \cdot L_{W,dis,nhs,avg} \quad [-]$$

$$\alpha_{W,dis,2} = 0,10 + 0,005 \cdot (L_{W,dis,hs,avg} - 6) + 0,008 \cdot L_{W,dis,nhs,avg} \quad [-]$$

$$\alpha_{W,dis,3} = 0,05 + 0,005 \cdot (L_{W,dis,hs,avg} - 6) + 0,008 \cdot L_{W,dis,nhs,avg} \quad [-]$$

kde:

$L_{W,dis,hs,avg}$... průměrná délka rozvodného potrubí ve vytápěném prostoru

$L_{W,dis,nhs,avg}$... průměrná délka rozvodného potrubí v nevytápěném prostoru

Potom lze pro specifickou potřebu energie pro přípravu teplé vody Q_W určit $\alpha_{W,dis}$:

$$\text{pro } Q_W < Q_{W,2} : \quad \alpha_{W,dis} = \alpha_{W,dis,2} - 0,01 \cdot \left[\frac{Q_{W,2} - Q_W}{Q_{W,2} - Q_{W,1}} \right] \quad [-]$$

$$\text{pro } Q_W > Q_{W,2} : \quad \alpha_{W,dis} = \alpha_{W,dis,2} - 0,05 \cdot \left[\frac{Q_W - Q_{W,2}}{Q_{W,3} - Q_{W,2}} \right] \quad [-]$$

Pro danou budovu není výpočet dle této metody aplikován.

Ztráty tepla potrubím na základě délek potrubí a průměrné teploty

Tato výpočtová metoda je založena na stejném principu jako výpočet ztrát tepla cirkulačním okruhem (tuto metodu uvádí také DIN V 18599-8). Rozdíl oproti metodě ztrát tepla potrubím na základě délek potrubí a počtů odběrů za den je jiný teplotní gradient, kdy teplota teplé vody v potrubí je uvažována průměrnou hodnotou. Předpoklad, že průměrná

teplota vody v potrubním úseku klesne po každém odběru na teplotu okolí potrubí, je v této metodě výpočtu uvažován také.

Ztráta tepla potrubím se stanoví dle vztahu:

$$Q_{W,dis,ls,ind,i} = \sum_i \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,j} \cdot L_{W,j} \cdot (\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) \cdot t_W \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

$U_{W,i}$	...	lineární součinitel prostupu tepla úseku potrubí [W/(m · K)]
$L_{W,i}$	...	délka úseku potrubí [m]
$\theta_{W,dis,avg,i}$	...	průměrná teplota teplé vody v úseku potrubí [°C]
$\theta_{amb,i}$	...	průměrná teplota v okolí úseku potrubí [°C]
t_W	...	denní doba využití při odpovídajících teplotách $\theta_{W,dis,avg,i}$ [h]

Dle normy ČSN EN 15316-3-2 je průměrná teplota $\theta_{W,dis,avg} = 32$ [°C]. Průměrnou teplotu teplé vody v potrubí lze také stanovit dle německé normy DIN V 18599-8:2007-02:

$$\theta_{W,dis,avg} = 25 \cdot U^{-0,2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde:

U	...	lineární součinitel prostupu tepla [W/(m · K)]
-----	-----	--

VÝPOČET

Průměrná teplota teplé vody potrubního úseku je dle normy ČSN EN 15316-3-2 $\theta_{W,dis,avg} = 32$ [°C]. Pro porovnání a kontrolu je zde popsán a aplikován postup výpočtu dle DIN 18599-8:

$$\theta_{W,dis,avg} = 25 \cdot U^{-0,2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Výpočet lineárního součinitele prostupu lze stanovit dvěma způsoby – dle vyhlášky č. 193/2007 nebo podle ČSN EN 15316-3-2 přílohy D.

Lineární součinitel prostupu tepla dle ČSN EN 15316-3-2:

$$U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{insul}} \cdot \frac{D_e}{D_{int}} + \frac{1}{\alpha \cdot D_e}} \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

kde:

λ_{insul}	...	tepelná vodivost izolace [W/(m · K)]
D_e	...	vnější průměr potrubí izolovaného potrubí, čili vč. izolace [m]
D_{int}	...	vnější průměr potrubí [m]

α ... součinitel přestupu tepla [W/(m² · K)]
 $\alpha = 8$ W/(m² · K) pro izolovaná potrubí
 $\alpha = 14$ W/(m² · K) pro neizolovaná potrubí

Výše uvedený vztah dle ČSN EN 15316-3-2 pro výpočet lineárního součinitele prostupu tepla U_R není fyzikálně vhodný! Výpočet dle výše uvedeného vztahu předpokládá tenkostěnná kovová potrubí a zanedbává konvekci z média uvnitř potrubí na stěnu potrubí. Dále tento vztah obsahuje nevhodné až chybné a zavádějící zjednodušení²¹.

V úplném tvaru (bez zjednodušení) vztah pro výpočet lineárního součinitele prostupu tepla vychází z předpokladu, že lineární hustota tepelného toku q [W/m] je konstantní a určí se zvlášť pro konvekci uvnitř potrubí, pro vedení tepla stěnou a pro konvekci ve venkovním okolí daného potrubí. Ve výpočtu je uvažováno s okrajovou podmínkou III. druhu (Newtonovou), tj. jsou známy teploty okolních tekutin a součinitele přestupu tepla.²²

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_{c,1} \cdot 2 \cdot r_1} + \sum \frac{1}{2 \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{r_{i+1}}{r_i} + \frac{1}{\alpha_{c,2} \cdot 2 \cdot r_2}} \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

Z tohoto algoritmu vychází výpočet dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. (viz dále).

Pro porovnání jsou zde uvedeny oba dva zmíněné způsoby výpočtu lineárního součinitele prostupu tepla dle ČSN EN 15316-3-2, tj. bez chybného zjednodušení (2) a s chybným zjednodušením (1).

Vstupní hodnoty:

Součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky:	$\lambda_{insul} = 0,044$ [W/(m · K)]
Součinitel přestupu tepla:	$\alpha = 8$ [W/(m ² · K)]

PPR PN 16 DN 32 x 4,4 + MIRELON PRO 9 mm:

$$(1) \quad U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{insul}} \cdot \frac{D_e}{D_{int}} + \frac{1}{\alpha \cdot D_e}} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \frac{0,050}{0,0232} + \frac{1}{8 \cdot 0,05}} = 0,12 \text{ [W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

$$(2) \quad U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{insul}} \cdot \ln \frac{D_e}{D_{int}} + \frac{1}{\alpha \cdot D_e}} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,050}{0,0232} + \frac{1}{0,4}} = 0,28 \text{ [W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

²¹ Poměr D_e a D_{int} má být logaritmický!!

²² [27], str. 29

PPR PN 16 DN 20 x 2,8 + MIRELON PRO 9 mm:

$$(1) \quad U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{insul}} \cdot \frac{D_e}{D_{int}} + \frac{1}{\alpha \cdot D_e}} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \frac{0,038}{0,0144} + \frac{1}{8 \cdot 0,038}} = 0,09 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$$

$$(2) \quad U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{insul}} \cdot \ln \frac{D_e}{D_{int}} + \frac{1}{\alpha \cdot D_e}} = \frac{\pi}{\frac{1}{0,088} \cdot \ln \frac{0,038}{0,0144} + \frac{1}{0,304}} = 0,22 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$$

Lineární součinitel prostupu tepla dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.:

Tento vztah je bez zjednodušení a fyzikálně správně.

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_{c,1} \cdot 2 \cdot r_1} + \sum \frac{1}{2 \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{r_{i+1}}{r_i} + \frac{1}{\alpha_{c,2} \cdot 2 \cdot r_2}} \quad [\text{W/(m} \cdot \text{K)]}$$

po úpravě:

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} \quad [\text{W/(m} \cdot \text{K)]}$$

kde:

- U ... součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky [W/(m · K)]
- D ... vnitřní průměr trubky [m]
- d ... vnější průměr trubky [m]
- d_{iz} ... vnější průměr izolace [m]
- α_{iz} ... součinitel přestupu tepla na povrchu izolace [W/(m² · K)]
- α_i ... součinitel přestupu tepla na vnitřní straně trubky [W/(m² · K)]
- λ_{iz} ... součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace [W/(m · K)]
- λ_{tr} ... součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky [W/(m · K)]

Vstupní hodnoty:

Součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky:	$\lambda_{tr} = 0,22 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace:	$\lambda_{iz} = 0,044 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Teplota okolního vzduchu:	$\theta_{amb} = 21 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Teplota média v potrubí:	$\theta_{W,dis,avg} = 55 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Předpokládejme teplotu teplé vody přiváděné do potrubí 55 °C a teplotu okolního vzduchu 21 °C. Vzhledem ke skutečnosti, že lineární tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně potrubí je velmi malý (výpočet níže), můžeme jej dle (1) a (2) zanedbat.

Pozn.: (1) – vliv přestupu tepla na vnitřní straně potrubí není zanedbaný, výpočet α_i viz (3) – (7)

(2) – vliv přestupu tepla na vnitřní straně potrubí je zanedbaný

PPR PN 16 DN 32 x 4,4 + MIRELON PRO 9 mm:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad U_{DN\ 32+9} &= \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\
 &= \frac{\pi}{\frac{1}{3\ 135 \cdot 0,0232} + \frac{1}{2 \cdot 0,22} \cdot \ln \frac{0,032}{0,0232} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,050}{0,032} + \frac{1}{8 \cdot 0,05}} = \\
 &= \frac{\pi}{0,0137 + 0,7309 + 5,0714 + 2,0000} = 0,3778 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \quad U_{DN\ 32+9} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\
 &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,22} \cdot \ln \frac{0,032}{0,0232} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,050}{0,032} + \frac{1}{10 \cdot 0,05}} = \\
 &= \frac{\pi}{0,7309 + 5,0714 + 2,0000} = 0,3784 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}
 \end{aligned}$$

→ pro další výpočty U_i lze vliv α_i na vnitřní straně potrubí zanedbat

$$(3) \quad \alpha_i = \frac{Nu \cdot \lambda}{D} = \frac{115,61 \cdot 629,2 \cdot 10^{-3}}{0,0232} = 3\ 135 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

kde:

Nu ... Nusseltovo kritérium [–]

λ ... součinitel tepelné vodivosti vody při teplotě určující t_u [W/(m · K)]

$$(4) \quad t_u = 0,5 \cdot (\theta_{W,dis,avg} + \theta_{amb}) = 0,5 \cdot (55 + 21) = 38 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$(5) \quad Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,3} = 0,023 \cdot 24\ 043^{0,8} \cdot 4,518^{0,3} = 115,61 \text{ [–]}$$

kde:

Re ... Reynoldsovo kritérium [–]

Pr ... Prandtlovo kritérium [–]

$$(6) \quad Re = \frac{w \cdot D}{\nu} = \frac{0,710 \cdot 0,0232}{0,6848 \cdot 10^{-6}} = 24\ 043 \text{ [–]} \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

kde:

ν ... kinematická viskozita vody o teplotě určující 38 °C [m²/s]

w ... rychlost vody v potrubí [m/s]

$$(7) \quad w = \frac{4 \cdot Q_D}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,0232^2} = 0,710 \text{ [m/s]}$$

kde:

Q_D ... výpočtový průtok teplé vody dle ČSN 75 5455 [l/s]

PPR PN 16 DN 20 x 2,8 + MIRELON PRO 9 mm:

$$(2) \quad U_{DN 20+9} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} =$$

$$= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,22} \cdot \ln \frac{0,020}{0,0144} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,038}{0,020} + \frac{1}{10 \cdot 0,038}} =$$

$$= \frac{\pi}{0,7466 + 7,2938 + 2,6316} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$$

Potrubí vč. tepelné izolace MIRELON	U_R [W/(m · K)] ČSN EN 15316-3	U [W/(m · K)] Vyhl. č. 193/2007	U_N [W/(m · K)] Vyhl. č. 193/2007
PPR 20 x 2,8 + 9 mm	0,22	0,28	0,150
PPR 32 x 4,4 + 9 mm	0,28	0,38	0,180

Dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. musí pro nové nebo rekonstruované rozvody vody platit: $U \leq U_N$ [W/(m · K)]. Z uvedeného vyplývá, že tepelná izolace stávajících rozvodných potrubí je značně poddimenzovaná a dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. nevyhovující.

Pro výpočet průměrné teploty teplé vody potrubního úseku $\theta_{W,dis,avg}$ dle DIN 18599-8 jsou použity hodnoty lineárního součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Kontrolní výpočet $\theta_{W,dis,avg}$ dle DIN 18599-8:

$$\theta_{W,dis,avg} = 25 \cdot U^{-0,2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Potrubí vč. tepelné izolace	U_R [W/(m · K)]	U [W/(m · K)]	θ_{W,dis,avg,U_R} [$^{\circ}\text{C}$]	$\theta_{W,dis,avg,U}$ [$^{\circ}\text{C}$]
PPR 20 x 2,8 + 9 mm	0,22	0,28	33,8	32,3
PPR 32 x 4,4 + 9 mm	0,28	0,38	32,2	30,4
			Průměr:	31,35

Teploty $\theta_{W,dis,avg,i}$ vypočtené dle DIN 18599-8 se v průměru liší pouze o 0,55 °C od průměrné teploty $\theta_{W,dis,avg}$ předepsané normou ČSN EN 15316-3-2 (příloha D):

$$\theta_{W,dis,avg,i} \cong \theta_{W,dis,avg} = 32 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Odlišné teploty si dovolím zanedbat a pro výpočet ztrát tepla $Q_{W,dis,ls,ind,i}$ v potrubí uvažuji s průměrnou teplotou $\theta_{W,dis,avg} = 32 \text{ [}^\circ\text{C]}$.

(A) PRACOVNÍ DEN – PONDĚLÍ

Vstupní hodnoty:

Měrná tepelná kapacita vody:	$c_W = 4,182 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$
Hustota vody:	$\rho_W = 1\,000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Měrná tepelná kapacita PPR potrubí:	$c_p = 1,8 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$
Hmotnost PPR PN 16 20 x 2,8:	$m_{p,20} = 0,145 \text{ [kg/m]}$
Hmotnost PPR PN 16 32 x 4,4:	$m_{p,32} = 0,367 \text{ [kg/m]}$
Průměrná teplota teplé vody potrubního úseku:	$\theta_{W,dis,avg} = 32 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Denní doba využití při odpovídající teplotě $\theta_{W,dis,avg}$:	$t_W = 24 \text{ [-]}$

Úsek č. 1 - S3, 3.NP

PPR PN 16 DN 20 x 2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{1.1} = \sum l_j = 1 + 4,06 = 5,06 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\,20+9} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,1} = 21 \text{ [}^\circ\text{C]}$

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,1.1} &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{DN\,20+9} \cdot L_{1.1} \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,1}) \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,28 \cdot 5,06 \cdot (32 - 21) \cdot 24 = 1,34653 \text{ [MJ/den]} = \\
 &= 0,37404 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

PPR PN 16 DN 32 x 4,4:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{1.2} = \sum l_j = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\,32+9} = 0,38 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$

$$\begin{aligned}
Q_{W,dis,ls,ind,1.2} &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{DN\,32+9} \cdot L_{1.2} \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,1}) \cdot t_W = \\
&= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,38 \cdot 0,60 \cdot (32 - 21) \cdot 24 = 0,21669 \text{ [MJ/den]} = \\
&= 0,06019 \text{ [kWh/den]}
\end{aligned}$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 1 – S3, 3.NP:

$$\begin{aligned}
Q_{W,dis,ls,ind,1} &= Q_{W,dis,ls,ind,1.1} + Q_{W,dis,ls,ind,1.2} = 1,34653 + 0,21669 = \\
&= 1,56322 \text{ [MJ/den]} = 0,43423 \text{ [kWh/den]}
\end{aligned}$$

Úsek č. 2 - S3, 2.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_2 = \sum l_j = 2,62 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\,20+9} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,2} = 21 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 2 – S3, 2.NP:

$$\begin{aligned}
Q_{W,dis,ls,ind,2} &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{DN\,20+9} \cdot L_2 \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,2}) \cdot t_W = \\
&= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,28 \cdot 2,62 \cdot (32 - 21) \cdot 24 = 0,69721 \text{ [MJ/den]} = \\
&= 0,19367 \text{ [kWh/den]}
\end{aligned}$$

Úsek č. 3 - S3, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_3 = \sum l_j = 2,62 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\,20+9} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,3} = 21 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 3 – S3, 1.NP:

$$\begin{aligned}
Q_{W,dis,ls,ind,3} &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{DN\,20+9} \cdot L_3 \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,3}) \cdot t_W = \\
&= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,28 \cdot 2,62 \cdot (32 - 21) \cdot 24 = 0,69721 \text{ [MJ/den]} = \\
&= 0,19367 \text{ [kWh/den]}
\end{aligned}$$

Úsek č. 4 – dřez, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_4 = \sum l_j = 0,5 + 0,45 = 0,95 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 20+9} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,4} = 21 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 4 – dřez, 1.NP:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,4} &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot U_{DN\ 20+9} \cdot L_4 \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,4}) \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot 0,28 \cdot 0,95 \cdot (32 - 21) \cdot 24 = 0,25281 \text{ [MJ/den]} = \\
 &= 0,07022 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Úsek č. 5 – S2, 2.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{5.1} = \sum l_j = 1,75 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 20+9} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,5} = 24 \text{ [}^\circ\text{C]}$

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,5.1} &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot U_{DN\ 20+9} \cdot L_{5.1} \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,5}) \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot 0,28 \cdot 1,75 \cdot (32 - 24) \cdot 24 = 0,33869 \text{ [MJ/den]} = \\
 &= 0,09408 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

PPR PN 16 DN 32x3,5:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{5.2} = \sum l_j = 9,24 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 32+9} = 0,38 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,ind,5.2} &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot U_{DN\ 32+9} \cdot L_{5.2} \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,5}) \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot 0,38 \cdot 9,24 \cdot (32 - 24) \cdot 24 = 2,42694 \text{ [MJ/den]} = \\
 &= 0,67415 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 5 – S2, 2.NP:

$$Q_{W,dis,ls,ind,5} = Q_{W,dis,ls,ind,5.1} + Q_{W,dis,ls,ind,5.2} = 0,33869 + 2,42694 = 2,76563 \text{ [MJ]/den} = 0,76823 \text{ [kWh/den]}$$

Úsek č. 6 – S2, 1.NP

PPR PN 16 DN 20x2,8:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{6.1} = \sum l_j = 1,75 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 20+9} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí:	$\theta_{amb,6} = 24 \text{ [}^\circ\text{C]}$

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,6.1} &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot U_{DN\ 20+9} \cdot L_{6.1} \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,6}) \cdot t_W = \\ &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot 0,28 \cdot 1,75 \cdot (32 - 24) \cdot 24 = 0,33869 \text{ [MJ]/den} = \\ &= 0,09408 \text{ [kWh/den]} \end{aligned}$$

PPR PN 16 DN 32x3,5:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{6.2} = \sum l_j = 9,24 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 32+9} = 0,38 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,ind,6.2} &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot U_{DN\ 32+9} \cdot L_{6.2} \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb,6}) \cdot t_W = \\ &= \frac{3,6}{1\ 000} \cdot 0,38 \cdot 9,24 \cdot (32 - 24) \cdot 24 = 2,42694 \text{ [MJ]/den} = \\ &= 0,67415 \text{ [kWh/den]} \end{aligned}$$

Celková ztráta tepla potrubím úseku č. 6 – S2, 1.NP:

$$Q_{W,dis,ls,ind,6} = Q_{W,dis,ls,ind,6.1} + Q_{W,dis,ls,ind,6.2} = 0,33869 + 2,42694 = 2,76563 \text{ [MJ]/den} = 0,76823 \text{ [kWh/den]}$$

Celková ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind}$ během PRACOVNÍHO DNE:

Úsek	[MJ/den]	[kWh/den]
$Q_{W,dis,ls,ind,1}$	1,56322	0,43423
$Q_{W,dis,ls,ind,2}$	0,69721	0,19367
$Q_{W,dis,ls,ind,3}$	0,69721	0,19367
$Q_{W,dis,ls,ind,4}$	0,25281	0,07022
$Q_{W,dis,ls,ind,5}$	2,76563	0,76823
$Q_{W,dis,ls,ind,6}$	2,76563	0,76823
$\sum Q_{W,dis,ls,ind} =$	8,74171	2,42825

(B) VÍKENDOVÝ DEN – NEDĚLE

Ztráty tepla potrubím, vypočtené metodou ztrát tepla na základě délek potrubí a průměrné teploty, jsou identické pro pracovní den i pro víkendový den.

Celková ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind}$ během VÍKENDOVÉHO DNE:

Úsek	[MJ/den]	[kWh/den]
$Q_{W,dis,ls,ind,1}$	1,56322	0,43423
$Q_{W,dis,ls,ind,2}$	0,69721	0,19367
$Q_{W,dis,ls,ind,3}$	0,69721	0,19367
$Q_{W,dis,ls,ind,4}$	0,25281	0,07022
$Q_{W,dis,ls,ind,5}$	2,76563	0,76823
$Q_{W,dis,ls,ind,6}$	2,76563	0,76823
$\sum Q_{W,dis,ls,ind} =$	8,74171	2,42825

	Pracovní den		Víkendový den	
Ztráta $Q_{W,dis,ls,ind}$:	8,742 [MJ]	2,428 [kWh]	8,742 [MJ]	2,428 [kWh]

Průměrná denní ztráta tepla stanovená výpočtem dle metody ztrát tepla na základě délek potrubí a průměrné teploty:

$$Q_{W,dis,ls,ind,den} = 8,742 \text{ [MJ/den]} = 2,428 \text{ [kWh/den]}$$

Roční ztráta tepla:

$$Q_{W,dis,ls,ind,rok} = 8,742 \cdot 365 = 3\,190,83 \text{ [MJ/rok]} = 3,191 \text{ [GJ/rok]} = \\ = 0,886 \text{ [MWh/rok]}$$

3.2.2.2. Ztráty tepla cirkulačním okruhem

Ztráty tepla cirkulačním okruhem na základě délky potrubí a neměnné hodnoty ztráty tepla

Tato metoda stanovení ztráty tepla na základě délky a neměnné hodnoty ztráty tepla je použitelná v případě, že nejsou známy přesné informace o charakteru rozvodu teplé vody a parametry tepelné izolace potrubí. Neměnnou hodnotu ztráty tepla by měla dle normy stanovit národní příloha (není publikována), ale pro výpočet použijeme normovou hodnotu, která činí 40,0 [W/m].

VÝPOČET

I přestože jsou známy parametry návrhu rozvodu teplé vody, je podle této metody proveden výpočet, kdy délky potrubí jsou stanoveny dle normy ČSN 75 5455, kdy jsou uvažovány délkové přírážky za armatury a uložení potrubí (podrobněji viz odstavec *Ztráty tepla cirkulačním okruhem na základě fyzikálního přístupu*).

Okruh	Rozvod teplé vody				Rozvod cirkulace			
C3 – C2:	20,4	m	32 x 4,4	Mirelon Pro	20,4	m	25 x 3,5	Mirelon Pro
C2 – C1:	7,4	m	28 x 1,5	Mirelon Polar	6,6	m	22 x 1,0	Mirelon Polar
C1 – C4:	3,5	m	28 x 1,5	Mirelon Polar	4,6	m	22 x 1,0	Mirelon Polar
C4 – C5:	12,6	m	32 x 4,4	Mirelon Pro	10,7	m	25 x 3,5	Mirelon Pro
C5 – C6:	7,5	m	22 x 1,0	Mirelon Pro	7,5	m	18 x 1,0	Mirelon Pro
C5 – C7:	9,4	m	32 x 4,4	Mirelon Pro	9,4	m	25 x 3,5	Mirelon Pro
C1 – ZS:	0,6	m	28 x 1,5	Mirelon Polar	5,1	m	22 x 1,0	Mirelon Polar

Pracovní / Víkendový den	Rozvod teplé vody	Rozvod cirkulace
Celková délka rozvodu:	61,4 [m]	64,3 [m]
Normová ztráta tepla vztažená na 1 m délky:	40,0 [W/m]	
Ztráta tepla na základě délky potrubí:	2 456 [W]	2 572 [W]
Denní ztráta tepla $Q_{W,dis,ls,col}$ celkem:	18,101[MJ] = 5,028 [kWh]	

Roční ztráta tepla:

$$Q_{W,dis,ls,col,rok} = 18,101 \cdot 365 = 6\,606,8 \text{ [MJ/rok]} = 6,61 \text{ [GJ/rok]} = \\ = 1,835 \text{ [MWh/rok]}$$

Ztráty tepla cirkulačním okruhem na základě fyzikálního přístupu:

Ztráty tepla cirkulačním okruhem se určí pomocí lineárního součinitele prostupu tepla, délky potrubí daného úseku, dále pomocí odpovídajícího gradientu teplot a dle doby, kdy je cirkulační čerpadlo v provozu.

$$Q_{W,dis,ls,col,on} = \sum_i \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,i} \cdot L_{W,i} \cdot (\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) \cdot t_W \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

$U_{W,i}$	...	lineární součinitel prostupu tepla úseku potrubí [W/(m · K)]
$L_{W,i}$	...	délka úseku potrubí vč. délkových přírážek [m]
$\theta_{W,dis,avg,i}$	...	průměrná teplota teplé vody v úseku potrubí [°C]
$\theta_{amb,i}$	...	průměrná teplota v okolí úseku potrubí [°C]
t_W	...	denní doba využití při odpovídajících teplotách $\theta_{W,dis,avg,i}$ [h]

Lineární součinitel prostupu tepla lze stanovit výpočtem nebo pomocí tabulkových hodnot (pro případ rozvodů, o kterých není znám dostatek informací pro přesnější výpočet), které uvádí příloha D normy ČSN EN 15316-3-2. V odstavci *Ztráty tepla potrubím na základě délek potrubí a průměrné teploty* je uveden porovnávací výpočet lineárního součinitele prostupu tepla dle přílohy D normy ČSN EN 15316-3-2 a podle vyhlášky č. 193/2007 Sb. Vzhledem k chybnému zjednodušení ve vztahu dle ČSN EN 15316-3-2 doporučuji výpočet lineárního součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Délky jednotlivých úseků cirkulačního okruhu jsou upraveny o délkové přírážky za armatury a kvalitu uložení potrubí. Délkové přírážky uvádí norma ČSN 75 5455.

Tabulka č. 8 Délkové přírážky na armatury, spoje a uložení potrubí podle ČSN 75 5455

Prvek		Délková přírážka
Přírubový spoj	neizolovaný	1,0 m tepelně izolovaného potrubí
	izolovaný	0,5 m tepelně izolovaného potrubí
Armatura	neizolovaná	1,6 m tepelně izolovaného potrubí
	izolovaná	0,8 m tepelně izolovaného potrubí
Uložení potrubí	10 až 20 % délky tepelně izolovaného potrubí (podle kvality)	

Výpočtový vztah pro určení ztrát tepla v cirkulačním rozvodu obsahuje teplotní gradient $(\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i})$, kde $\theta_{W,dis,avg,i}$ je průměrná teplota teplé vody v úseku potrubí a $\theta_{amb,i}$ je průměrná teplota okolí potrubního úseku. Norma uvádí, pokud nestanoví národní příloha jinak, průměrnou teplotu teplé vody v cirkulačním potrubí jako teplotu teplé vody v zásobníkovém ohřívači, čili dle přílohy D normy ČSN EN 15316-3-2 je to 60 °C, ale pokud je známa jiná teplota teplé vody v zásobníkovém ohřívači, ve výpočtu je

vhodné použít tuto hodnotu (např. norma DIN V 18599-8 připouští teplotu i 50 °C). Dalším problémem je stanovení průměrné teploty okolí daného úseku potrubí. Průměrně je tato teplota přibližně 20 °C. To by znamenalo, že teplota teplé vody v cirkulačním okruhu by v době bez aktivovaného cirkulačního čerpadla klesla na teplotu okolí. Tento předpoklad je v některých případech vhodné upravit změnou odpovídajícího teplotního gradientu teplot, které mohou opravdu nastat²³.

VÝPOČET

Popis cirkulačního okruhu – 2 větve (objekt SO 01 a SO 02, přičemž pro SO 01 se dělí na další dva dílčí okruhy).

Délky jednotlivých úseků cirkulačního okruhu byly stanoveny vč. délkových přírážek:

Úsek okruhu	DN + tl. TI	l_i [m]	$l_{e,i}$ [m]	L_i [m]
C3 – C2	32 x 4,4 + 9 mm (TV)	17,8	(1,8 + 0,8)	20,4
	25 x 3,5 + 9 mm (C)	17,8	(1,8 + 0,8)	20,4
C2 – C1	28 x 1,5 + 25 mm (TV)	5,3	(0,5 + 1,6)	7,4
	22 x 1,0 + 20 mm (C)	5,3	(0,5 + 0,8)	6,6
C1 – C4	28 x 1,5 + 25 mm (TV)	2,4	(0,3 + 0,8)	3,5
	22 x 1,5 + 20 mm (C)	4,2	0,4	4,6
C4 – C5	32 x 4,4 + 9 mm (TV)	10,7	(1,1 + 0,8)	12,6
	25 x 3,5 + 9 mm (C)	8,8	(1,1 + 0,8)	10,7
C5 – C6	22 x 1,0 + 9 mm (TV)	5,5	(0,6 + 1,6)	7,5
	18 x 1,0 + 9 mm (C)	5,5	(0,6 + 1,6)	7,5
C5 – C7	32 x 4,4 + 9 mm (TV)	8,5	0,9	9,4
	25 x 3,5 + 9 mm (C)	8,5	0,9	9,4
C1 – ZS	28 x 1,5 + 25 mm (TV)	0,5	0,1	0,6
	22 x 1,0 + 20 mm (C)	1,7	(0,2 + 3,2)	5,1

Vstupní hodnoty:

Tloušťka tepelné izolace MIRELON PRO:	$s_{TI} = 9$ [mm]
Tloušťka tepelné izolace MIRELON POLAR:	$s_{TI} = 20/25$ [mm]
Tepelná vodivost tepelné izolace MIRELON:	$\lambda_{insul} = 0,044$ [W/(m · K)]
Součinitel přestupu tepla pro izolovaná potrubí:	$\alpha = 8$ [W/(m ² · K)]
Činitel umístění potrubí:	$b_{W,dis} = 0$ [–]

²³Např. v případě, kdy cirkulační čerpadlo spíná každou hodinu, je teoreticky nepravděpodobné, že by teplota vody v cirkulačním okruhu klesla z 60 °C na teplotu 20 °C během 60 minut.

Průměrná teplota teplé vody potrubního úseku:	$\theta_{W,dis,avg} = 55 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$
Průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku:	$\theta_{amb} = 21/24 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$
Denní doba využití při odpovídajících teplotách ²⁴ :	$t_W = 4 \text{ [h/den]}$

Stanovení průměrné teploty okolního prostředí:

Teplota okolního prostředí závisí na umístění potrubí – ve vytápěném prostoru nebo v nevytápěném prostoru.

$$\theta_{amb} = \theta_{int} - b_{W,dis} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde:

$$\begin{aligned} \theta_{int} & \dots \text{ vnitřní teplota [}^{\circ}\text{C]} \\ b_{W,dis} & \dots \text{ činitel umístění [-]} \\ \theta_e & \dots \text{ střední vnější teplota [}^{\circ}\text{C]} \end{aligned}$$

Vzhledem k tomu, že veškeré rozvody teplé vody jsou vedeny vytápěným prostorem, je hodnota $b_{W,dis}$ rovna nule (viz příloha D normy ČSN EN 15316-3-2) a tudíž průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí je rovna vnitřní teplotě: $\theta_{amb} = \theta_{int}$.

Lineární součinitel prostupu tepla:

Výpočet dle vyhlášky č. 193/207 Sb.:

PPR PN 16 DN 32 x 4,4 + MIRELON PRO 9 mm:

$$\begin{aligned} (2) \quad U_{DN\ 32+9} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\ &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,22} \cdot \ln \frac{0,032}{0,0232} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,050}{0,032} + \frac{1}{8 \cdot 0,050}} = 0,38 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]} \end{aligned}$$

PPR PN 16 DN 25 x 3,5 + MIRELON PRO 9 mm:

$$\begin{aligned} (2) \quad U_{DN\ 25+9} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\ &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,22} \cdot \ln \frac{0,025}{0,018} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,043}{0,025} + \frac{1}{8 \cdot 0,043}} = 0,32 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]} \end{aligned}$$

²⁴ Předpoklad, že cirkulační čerpadlo spíná každou hodinu na dobu 10 minut, tj. 4 hodiny za celý den.

PPR PN 16 DN 20 x 2,8 + MIRELON PRO 9 mm:

$$\begin{aligned}
 (2) \quad U_{DN\ 20+9} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\
 &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,22} \cdot \ln \frac{0,020}{0,0144} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,038}{0,020} + \frac{1}{8 \cdot 0,038}} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}
 \end{aligned}$$

Cu 28 x 1,5 + MIRELON POLAR 25 mm:

$$\begin{aligned}
 (2) \quad U_{DN\ 28+25} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\
 &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 386} \cdot \ln \frac{0,028}{0,025} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,078}{0,028} + \frac{1}{8 \cdot 0,078}} = 0,24 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}
 \end{aligned}$$

Cu 22 x 1,0 + MIRELON POLAR 20 mm:

$$\begin{aligned}
 (2) \quad U_{DN\ 22+20} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\
 &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 386} \cdot \ln \frac{0,022}{0,020} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,062}{0,022} + \frac{1}{8 \cdot 0,062}} = 0,23 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}
 \end{aligned}$$

Cu 22 x 1,0 + MIRELON PRO 9 mm:

$$\begin{aligned}
 (2) \quad U_{DN\ 22+9} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\
 &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 386} \cdot \ln \frac{0,022}{0,020} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,040}{0,022} + \frac{1}{8 \cdot 0,040}} = 0,32 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}
 \end{aligned}$$

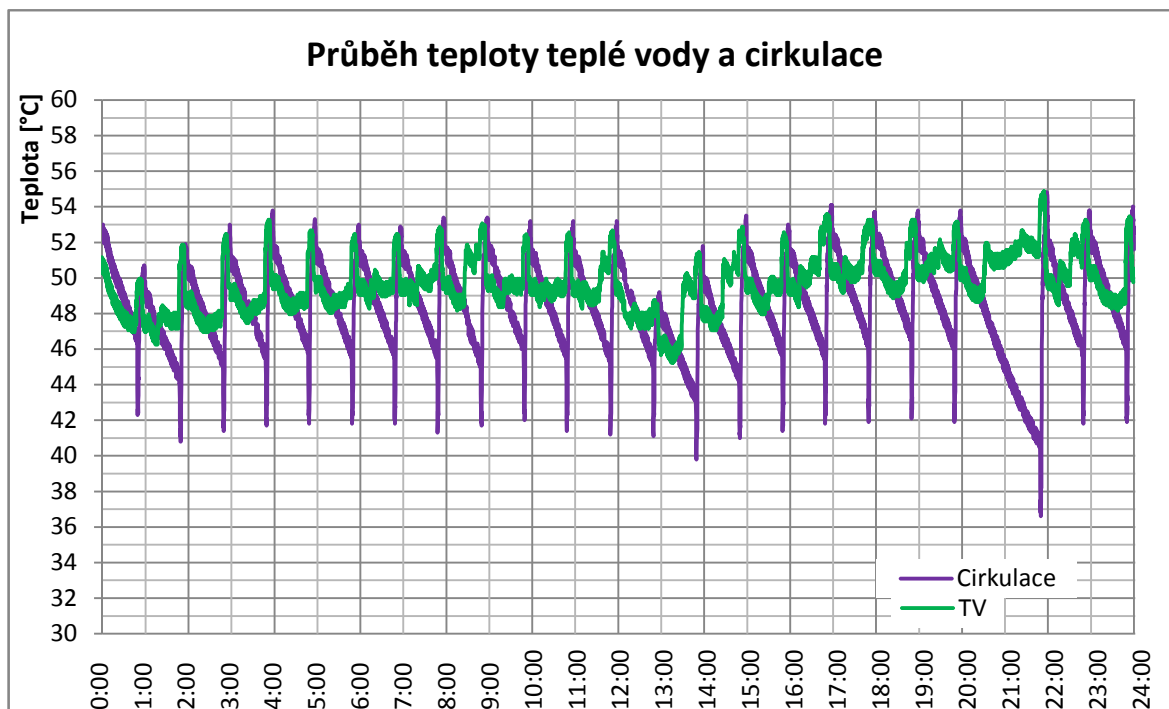
Cu 18 x 1,0 + MIRELON PRO 9 mm:

$$\begin{aligned}
 (2) \quad U_{DN\ 18+9} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\
 &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 386} \cdot \ln \frac{0,018}{0,016} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,036}{0,018} + \frac{1}{8 \cdot 0,036}} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}
 \end{aligned}$$

Ztráty tepla cirkulačním okruhem, vypočtené metodou ztrát tepla na základě fyzikálního přístupu, jsou identické pro pracovní den i pro víkendový den a to z důvodu, že provoz cirkulačního čerpadla je neměnný a ostatní okrajové podmínky jsou identické.

V zadané budově spíná cirkulační čerpadlo každou hodinu přibližně na 10 minut a dle provedeného měření průběhu teploty teplé vody v cirkulačním potrubí²⁵, teplota vody neklesne (průměrně) pod 40 °C.

Jelikož norma rozlišuje případy, kdy cirkulační čerpadlo je a není v provozu, je vhodné pro výpočet ztrát tepla upravit teplotní gradient. Budeme-li uvažovat předpoklad dle normy ČSN 75 5455, že maximální rozdíl teplot (během cirkulace) mezi výstupem teplé vody ze zásobníkového ohřívače a připojením rozvodu teplé vody na cirkulační potrubí jsou 3 K a maximální rozdíl teplot mezi připojením rozvodu teplé vody na cirkulační potrubí a připojením cirkulačního potrubí k zásobníku teplé vody jsou 2 K, bude maximální rozdíl teplot během provozu cirkulačního čerpadla 5 K. Na základě tohoto poznatku jsou průměrné teploty ve výpočtu upraveny, čili průměrná teplota teplé vody v zásobníku teplé vody je $\theta_{W,dis,avg} = 55\text{ °C}$ a místo průměrné teploty okolí $\theta_{amb} = 21\text{ °C}$ je uvažováno s teplotou 50 °C.



²⁵ Měření teploty teplé vody v cirkulačním okruhu bylo provedeno v rámci prvního experimentálního měření v měsíci květnu pomocí měřicí ústředny ALMEMO 3280-9 a teplotního čidla NiCr-Ni. Viz uvedený graf „Průběh teplot teplé vody a cirkulace“ na následující straně.

Okruh C3 – C2:

Celková délka potrubí úseku:	$L_{C3-C2} = 20,4 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 32+9} = 0,38 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$ $U_{DN\ 25+9} = 0,32 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Rozdíl průměrných teplot:	$\Delta\theta = 5 \text{ [K]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,on,C3-C2} &= \sum_j \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,j} \cdot L_{W,C3-C2} \cdot \Delta\theta \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,38 \cdot 20,4 \cdot (55 - 50) \cdot 4 + \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,32 \cdot 20,4 \cdot (55 - 50) \cdot 4 = \\
 &= 0,55579 + 0,47007 = 1,02586 \text{ [MJ/den]} = 0,28496 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C2 – C1:

Celková délka potrubí daného úseku (TV):	$L_{C2-C1} = 7,4 \text{ [m]}$
Celková délka potrubí daného úseku (C):	$L_{C2-C1} = 6,6 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 28+25} = 0,24 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$ $U_{DN\ 22+20} = 0,23 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Rozdíl průměrných teplot:	$\Delta\theta = 5 \text{ [K]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,on,C2-C1} &= \sum_j \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,j} \cdot L_{W,C2-C1} \cdot \Delta\theta \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,24 \cdot 7,4 \cdot (55 - 50) \cdot 4 + \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,23 \cdot 6,6 \cdot (55 - 50) \cdot 4 = \\
 &= 0,12638 + 0,10826 = 0,23464 \text{ [MJ/den]} = 0,06518 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C5 – C7:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{C5-C7} = 9,4 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 32+9} = 0,38 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$ $U_{DN\ 25+9} = 0,32 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Rozdíl průměrných teplot:	$\Delta\theta = 5 \text{ [K]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,on,C5-C7} &= \sum_j \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,j} \cdot L_{W,C5-C7} \cdot \Delta\theta \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,38 \cdot 9,4 \cdot (55 - 50) \cdot 4 + \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,32 \cdot 9,4 \cdot (55 - 50) \cdot 4 = \\
 &= 0,25610 + 0,21660 = 0,47270 \text{ [MJ/den]} = 0,13131 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C5 – C6:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{C5-C6} = 7,5 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\,22+9} = 0,32 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
	$U_{DN\,18+9} = 0,28 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Rozdíl průměrných teplot:	$\Delta\theta = 5 \text{ [K]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,on,C5-C6} &= \sum_j \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,j} \cdot L_{W,C5-C6} \cdot \Delta\theta \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,32 \cdot 7,5 \cdot (55 - 50) \cdot 4 + \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,28 \cdot 7,5 \cdot (55 - 50) \cdot 4 = \\
 &= 0,17104 + 0,14948 = 0,32052 \text{ [MJ/den]} = 0,08903 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C4 – C5:

Celková délka potrubí daného úseku (TV):	$L_{C4-C5} = 12,6 \text{ [m]}$
Celková délka potrubí daného úseku (C):	$L_{C4-C5} = 10,7 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\,32+9} = 0,38 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
	$U_{DN\,25+9} = 0,32 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Rozdíl průměrných teplot:	$\Delta\theta = 5 \text{ [K]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,on,C4-C5} &= \sum_j \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,j} \cdot L_{W,C4-C5} \cdot \Delta\theta \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,38 \cdot 12,6 \cdot (55 - 50) \cdot 4 + \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,32 \cdot 10,7 \cdot (55 - 50) \cdot 4 = \\
 &= 0,34328 + 0,24656 = 0,58984 \text{ [MJ/den]} = 0,16384 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C4 – C1:

Celková délka potrubí daného úseku (TV):	$L_{C4-C1} = 3,5 \text{ [m]}$
Celková délka potrubí daného úseku (C):	$L_{C4-C1} = 4,6 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 28+25} = 0,24 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$ $U_{DN\ 22+20} = 0,23 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Rozdíl průměrných teplot:	$\Delta\theta = 5 \text{ [K]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,on,C4-C1} &= \sum_j \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,j} \cdot L_{W,C4-C1} \cdot \Delta\theta \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,24 \cdot 3,5 \cdot (55 - 50) \cdot 4 + \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,23 \cdot 4,6 \cdot (55 - 50) \cdot 4 = \\
 &= 0,05977 + 0,07545 = 0,13523 \text{ [MJ/den]} = 0,03756 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C1 – ZS:

Celková délka potrubí daného úseku (TV):	$L_{C1-ZS} = 0,6 \text{ [m]}$
Celková délka potrubí daného úseku (C):	$L_{C1-ZS} = 5,1 \text{ [m]}$
Lineární součinitel prostupu tepla:	$U_{DN\ 28+25} = 0,24 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$ $U_{DN\ 22+20} = 0,23 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$
Rozdíl průměrných teplot:	$\Delta\theta = 5 \text{ [K]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,on,C1-ZS} &= \sum_j \frac{3,6}{1\,000} \cdot U_{W,j} \cdot L_{W,C1-ZS} \cdot \Delta\theta \cdot t_W = \\
 &= \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,24 \cdot 0,6 \cdot (55 - 50) \cdot 4 + \frac{3,6}{1\,000} \cdot 0,23 \cdot 5,1 \cdot (55 - 50) \cdot 4 = \\
 &= 0,01025 + 0,08365 = 0,09390 \text{ [MJ/den]} = 0,02608 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Celková ztráta tepla cirkulačním okruhem $Q_{W,dis,ls,col,on}$ během PRACOVNÍHO i VÍKENDOVÉHO DNE:

Úsek	[MJ]/den	[kWh]/den
$Q_{W,dis,ls,col,on,C3-C2}$	1,02586	0,28496
$Q_{W,dis,ls,col,on,C2-C1}$	0,23464	0,06518
$Q_{W,dis,ls,col,on,C5-C7}$	0,47270	0,13131
$Q_{W,dis,ls,col,on,C5-C6}$	0,32052	0,08903
$Q_{W,dis,ls,col,on,C4-C5}$	0,58984	0,16384
$Q_{W,dis,ls,col,on,C4-C1}$	0,13523	0,03756
$Q_{W,dis,ls,col,on,C1-ZS}$	0,09390	0,02608
$\sum Q_{W,dis,ls,col,on} =$	2,87268	0,79797

	Pracovní den		Víkendový den	
Ztráta $Q_{W,dis,ls,col,on}$:	2,873 [MJ]	0,798 [kWh]	2,873 [MJ]	0,798 [kWh]

Průměrná denní ztráta tepla stanovená výpočtem dle metody ztrát tepla na základě délek potrubí a průměrné teploty:

$$Q_{W,dis,ls,col,on,den} = 2,873 \text{ [MJ]/den} = 0,798 \text{ [kWh]/den}$$

Roční ztráta tepla:

$$Q_{W,dis,ls,col,on,rok} = 2,873 \cdot 365 = 1\,048,5 \text{ [MJ]/rok} = 1,049 \text{ [GJ]/rok} \\ = 0,291 \text{ [MWh]/rok}$$

Dodatečné ztráty tepla cirkulačním okruhem v období bez cirkulace

V případě, že není cirkulační čerpadlo neustále v provozu (což není dle hygienických zásad zcela přípustné), uvádí norma vztah pro výpočet ztrát tepla cirkulačním okruhem v období bez cirkulace:

$$Q_{W,dis,ls,col,off} = \sum_i \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,i} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb}) \cdot n_{nom}$$

[MJ]/den

kde:

ρ_W	... měrná hmotnost vody [kg/m ³]
c_W	... měrná tepelná kapacita vody [kJ/(kg · K)]
$V_{W,dis}$	... objem vody obsažený v potrubí [m ³]

c_p	...	měrná tepelná kapacita materiálu potrubí [kJ]/(kg · K)]
$m_{p,dis,i}$	...	hmotnost úseku potrubí [kg]
$\theta_{W,dis,avg}$	...	průměrná teplota teplé vody v potrubním úseku [°C]
$\theta_{amb,i}$	...	průměrná teplota v okolí potrubního úseku [°C]
n_{nom}	...	počet provozních cyklů cirkulačního čerpadla v průběhu dne [-]

Dle normy ČSN EN 15316-3-2 je průměrná teplota pro rozvodná potrubí teplé vody (nebo pro cirkulační potrubí, když je cirkulační čerpadlo vypnuté) $\theta_{W,dis,avg} = 32$ [°C]. Průměrnou teplotu teplé vody v potrubí lze také stanovit dle německé normy DIN V 18599-8:2007-02 jako:

$$\theta_{W,dis,avg} = 25 \cdot U^{-0,2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Výpočet průměrné teploty teplé vody v potrubí dle DIN V 18599-8 je částečně uveden v odstavci *Ztráty tepla potrubím na základě délek potrubí a průměrné teploty*.

VÝPOČET

Pro jednotlivé úseky cirkulačního okruhu je proveden výpočet lineárního součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. Vypočtené lineární součinitele prostupu tepla jsou dále dosazeny do vztahu pro výpočet průměrné teploty teplé vody v potrubí $\theta_{W,dis,avg}$ dle DIN 18599-8:

Potrubí vč. tepelné izolace	U [W/(m · K)]	U_N [W/(m · K)]	$\theta_{W,dis,avg}$
PPR 32 x 4,4 + 9 mm	0,38	0,180	30,4 [°C]
PPR 25 x 3,5 + 9 mm	0,32	0,180	31,4 [°C]
Cu 28 x 1,5 + 25 mm	0,24	0,180	33,3 [°C]
<i>Pokračování</i>			
Potrubí vč. tepelné izolace	U [W/(m · K)]	U_N [W/(m · K)]	$\theta_{W,dis,avg}$
Cu 22 x 1,0 + 20 mm	0,23	0,180	33,6 [°C]
Cu 22 x 1,0 + 9 mm	0,32	0,180	31,5 [°C]
Cu 18 x 1,0 + 9 mm	0,28	0,180	32,3 [°C]
Průměr:			32,1 [°C]

Pozn.: Dle požadavku $U \leq U_N$ [W/(m · K)] vyhlášky č. 193/2007 Sb. je tepelná izolace stávajících rozvodů nevyhovující.

Teploty $\theta_{W,dis,avg,i}$ vypočtené dle DIN 18599-8 se v průměru liší pouze o 0,1 °C od průměrné teploty $\theta_{W,dis,avg}$ předepsané normou ČSN EN 15316-3-2 (příloha D):

$$\theta_{W,dis,avg,i} \cong \theta_{W,dis,avg} = 32 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Odlišné teploty si dovolím zanedbat a pro výpočet ztrát tepla $Q_{W,dis,ls,ind,i}$ v potrubí uvažuji s průměrnou teplotou $\theta_{W,dis,avg} = 32 \text{ [}^\circ\text{C]}$.

Vstupní hodnoty:

Měrná tepelná kapacita vody:	$c_W = 4,182 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$
Hustota vody:	$\rho_W = 1\,000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Počet provozních cyklů čerpadla:	$n_{nom} = 24 \text{ [–]}$
Měrná tepelná kapacita PPR potrubí:	$c_p = 1,8 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$
Hmotnost PPR PN 16 20 x 2,8:	$m_{p,20} = 0,145 \text{ [kg/m]}$
Hmotnost PPR PN 16 32 x 4,4:	$m_{p,32} = 0,367 \text{ [kg/m]}$
Činitel umístění potrubí:	$b_{W,dis} = 0 \text{ [–]}$

Stanovení průměrné teploty okolního prostředí:

Teplota okolního prostředí závisí na umístění potrubí – ve vytápěném prostoru nebo v nevytápěném prostoru.

$$\theta_{amb} = \theta_{int} - b_{W,dis} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad [^\circ\text{C}]$$

kde:

$$\begin{aligned} \theta_{int} & \dots \text{ vnitřní teplota [}^\circ\text{C]} \\ b_{W,dis} & \dots \text{ činitel umístění [–]} \\ \theta_e & \dots \text{ střední vnější teplota [}^\circ\text{C]} \end{aligned}$$

Vzhledem k tomu, že veškeré rozvody teplé vody jsou vedeny vytápěným prostorem, je hodnota $b_{W,dis}$ rovna nule (viz příloha D normy ČSN EN 15316-3-2) a tudíž průměrná teplota okolního prostředí kolem úseku potrubí je rovna vnitřní teplotě: $\theta_{amb} = \theta_{int}$.

Ztráty tepla cirkulačním okruhem v době bez cirkulace jsou identické pro pracovní den i pro víkendový den a to z důvodu, že provoz cirkulačního čerpadla je identický a ostatní okrajové podmínky jsou také stejné.

V zadané budově spíná cirkulační čerpadlo každou hodinu, čili celkem během dne proběhne 24 provozních cyklů cirkulačního čerpadla. Pro výpočet dodatečných ztrát tepla cirkulačním okruhem v období bez cirkulace je vzhledem k rozdílným teplotám vody v potrubí (viz další odstavec) vhodné rozdělit výpočet zvlášť na ztráty tepla cirkulačního potrubí a zvlášť na ztráty potrubí teplé vody v rámci cirkulačního okruhu.

Dle provedeného měření průběhu teploty teplé vody v cirkulačním potrubí²⁶ se teplota vody pohybuje v rozmezí přibližně od 40 °C do 55 °C. Průměrná teplota vody v cirkulačním potrubí je přibližně $\theta_{W,dis,avg} = 48$ [°C] a výpočtový teplotní rozdíl tak činí 8 K. V potrubí teplé vody (v rámci cirkulačního okruhu) předpokládáme rozmezí teplot od 45 °C do 55 °C. Průměrná teplota vody v potrubí teplé vody je potom přibližně $\theta_{W,dis,avg} = 50$ [°C] a uvažovaný teplotní rozdíl 5 K.

Dle normového výpočtu bychom měli správně uvažovat průměrnou teplotu teplé vody v potrubí $\theta_{W,dis,avg} = 32$ [°C] a průměrnou teplotu okolního prostředí $\theta_{amb} = 21$ [°C], což představuje teplotní rozdíl 11 K. Uvážíme-li předpoklady uvedené v předešlém odstavci, budou ztráty tepla cirkulačním okruhem nižší.

Rozdíl průměrných teplot cirkulačního potrubí:	$\Delta\theta_C = 8$ [K]
Rozdíl průměrných teplot potrubí teplé vody:	$\Delta\theta_{TV} = 5$ [K]

Okruh C3 – C2:

Celková délka potrubí úseku:	$L_{C3-C2} = 20,4$ [m]
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (TV):	$V_{W,dis,TV} = 8,624 \cdot 10^{-3}$ [m ³]
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (C):	$V_{W,dis,C} = 5,191 \cdot 10^{-3}$ [m ³]
Hmotnost úseku potrubí (TV):	$m_{p,TV} = m_{p,32} \cdot L_{C3-C2} = 0,367 \cdot 20,4 = 7,487$ [kg]
Hmotnost úseku potrubí (C):	$m_{p,C} = m_{p,25} \cdot L_{C3-C2} = 0,227 \cdot 20,4 = 4,631$ [kg]

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,off,C3-C2} &= \sum_j \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,C3-C2} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot \Delta\theta \cdot n_{nom} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 8,624 \cdot 10^{-3} + 1,8 \cdot 7,487}{1\,000} \cdot 5 \cdot 24 + \\
 &+ \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 5,191 \cdot 10^{-3} + 1,8 \cdot 4,631}{1\,000} \cdot 8 \cdot 24 = \\
 &= 5,94489 + 5,76862 = 11,71351 \text{ [MJ/den]} = 3,25375 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

²⁶ Měření teploty teplé vody v cirkulačním okruhu bylo měřeno v rámci prvního experimentálního měření v měsíci květnu pomocí měřící ústředny ALMEMO 3280-9 a teplotního čidla NiCr-Ni. Viz uvedený graf „Průběh teplot teplé vody a cirkulace“ v odstavci *Ztráty tepla cirkulačním okruhem na základě fyzikálního přístupu*.

Okruh C2 – C1:

Celková délka potrubí daného úseku (TV):	$L_{C2-C1} = 7,4 \text{ [m]}$
Celková délka potrubí daného úseku (C):	$L_{C2-C1} = 6,6 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (TV):	$V_{W,dis,TV} = 3,632 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (C):	$V_{W,dis,C} = 2,073 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost a měrná tepelná kapacita úseku potrubí:	zanedbáno

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,off,C2-C1} &= \sum_j \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,C2-C1} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot \Delta\theta \cdot n_{nom} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 3,632 \cdot 10^{-3}}{1\,000} \cdot 5 \cdot 24 + \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 2,073 \cdot 10^{-3}}{1\,000} \cdot 8 \cdot 24 = \\
 &= 1,82292 + 1,66487 = 3,48778 \text{ [MJ/den]} = 0,96883 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C5 – C7:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{C5-C7} = 9,4 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (TV):	$V_{W,dis,TV} = 3,974 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (C):	$V_{W,dis,C} = 2,392 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí (TV):	$m_{p,TV} = m_{p,32} \cdot L_{C3-C2} = 0,367 \cdot 9,4 = 3,450 \text{ [kg]}$
Hmotnost úseku potrubí (C):	$m_{p,C} = m_{p,25} \cdot L_{C3-C2} = 0,227 \cdot 9,4 = 2,134 \text{ [kg]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,off,C5-C7} &= \sum_j \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,C5-C7} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot \Delta\theta \cdot n_{nom} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 3,974 \cdot 10^{-3} + 1,8 \cdot 3,450}{1\,000} \cdot 5 \cdot 24 + \\
 &+ \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 2,392 \cdot 10^{-3} + 1,8 \cdot 2,134}{1\,000} \cdot 8 \cdot 24 = \\
 &= 2,73931 + 2,65809 = 5,39740 \text{ [MJ/den]} = 1,49928 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C5 – C6:

Celková délka potrubí daného úseku:	$L_{C5-C6} = 7,5 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (TV):	$V_{W,dis,TV} = 2,356 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (C):	$V_{W,dis,C} = 1,508 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost a měrná tepelná kapacita úseku potrubí:	zanedbáno

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,off,C5-C6} &= \sum_j \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,C5-C6} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot \Delta\theta \cdot n_{nom} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 2,356 \cdot 10^{-3}}{1\,000} \cdot 5 \cdot 24 + \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 1,508 \cdot 10^{-3}}{1\,000} \cdot 8 \cdot 24 = \\
 &= 1,18243 + 1,21081 = 2,39324 \text{ [MJ]/den} = 0,66479 \text{ [kWh]/den}
 \end{aligned}$$

Okruh C4 – C5:

Celková délka potrubí daného úseku (TV):	$L_{C4-C5} = 12,6 \text{ [m]}$
Celková délka potrubí daného úseku (C):	$L_{C4-C5} = 10,7 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (TV):	$V_{W,dis,TV} = 5,326 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (C):	$V_{W,dis,C} = 2,723 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost úseku potrubí (TV):	$m_{p,TV} = m_{p,32} \cdot L_{C4-C5} = 0,367 \cdot 12,6 = 4,624 \text{ [kg]}$
Hmotnost úseku potrubí (C):	$m_{p,C} = m_{p,25} \cdot L_{C4-C5} = 0,227 \cdot 10,7 = 2,429 \text{ [kg]}$

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,off,C4-C5} &= \sum_j \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,C4-C5} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot \Delta\theta \cdot n_{nom} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 5,326 \cdot 10^{-3} + 1,8 \cdot 4,624}{1\,000} \cdot 5 \cdot 24 + \\
 &+ \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 2,723 \cdot 10^{-3} + 1,8 \cdot 2,429}{1\,000} \cdot 8 \cdot 24 = \\
 &= 3,67184 + 3,02570 = 6,69754 \text{ [MJ]/den} = 1,86043 \text{ [kWh]/den}
 \end{aligned}$$

Okruh C4 – C1:

Celková délka potrubí daného úseku (TV):	$L_{C4-C1} = 3,5 \text{ [m]}$
Celková délka potrubí daného úseku (C):	$L_{C4-C1} = 4,6 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (TV):	$V_{W,dis,TV} = 1,718 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (C):	$V_{W,dis,C} = 1,445 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost a měrná tepelná kapacita úseku potrubí:	zanedbáno

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,off,C4-C1} &= \sum_j \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,C4-C1} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot \Delta\theta \cdot n_{nom} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 1,718 \cdot 10^{-3}}{1\,000} \cdot 5 \cdot 24 + \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 1,445 \cdot 10^{-3}}{1\,000} \cdot 8 \cdot 24 = \\
 &= 0,86219 + 1,16036 = 2,02255 \text{ [MJ/den]} = 0,56182 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Okruh C1 – ZS:

Celková délka potrubí daného úseku (TV):	$L_{C1-ZS} = 0,6 \text{ [m]}$
Celková délka potrubí daného úseku (C):	$L_{C1-ZS} = 5,1 \text{ [m]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (TV):	$V_{W,dis,TV} = 0,295 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Objem vody obsažený v daném úseku potrubí (C):	$V_{W,dis,C} = 1,602 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$
Hmotnost a měrná tepelná kapacita úseku potrubí:	zanedbáno

Tepelná ztráta cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,dis,ls,col,off,C1-ZS} &= \sum_j \frac{\rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,C1-ZS} + c_p \cdot m_{p,dis,i}}{1\,000} \cdot \Delta\theta \cdot n_{nom} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 0,295 \cdot 10^{-3}}{1\,000} \cdot 5 \cdot 24 + \frac{1\,000 \cdot 4,182 \cdot 1,602 \cdot 10^{-3}}{1\,000} \cdot 8 \cdot 24 = \\
 &= 0,14780 + 1,28649 = 1,43429 \text{ [MJ/den]} = 0,39841 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Celková ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,col,off}$ během PRACOVNÍHO i VÍKENDOVÉHO DNE:

Úsek	[MJ/den]	[kWh/den]
$Q_{W,dis,ls,col,off,C3-C2}$	11,71351	3,25375
$Q_{W,dis,ls,col,off,C2-C1}$	3,48778	0,96883
$Q_{W,dis,ls,col,off,C5-C7}$	5,39740	1,49928
$Q_{W,dis,ls,col,off,C5-C6}$	2,39324	0,66479
$Q_{W,dis,ls,col,off,C4-C5}$	6,69754	1,86043
$Q_{W,dis,ls,col,off,C4-C1}$	2,02255	0,56182
$Q_{W,dis,ls,col,off,C1-ZS}$	1,43429	0,39841
$\sum Q_{W,dis,ls,col,off} =$	33,14632	9,20731

	Pracovní den		Víkendový den	
Ztráta $Q_{W,dis,ls,col,off}$:	33,146 [MJ]	9,207 [kWh]	33,146 [MJ]	9,207 [kWh]

Průměrná denní ztráta tepla stanovená výpočtem dle metody dodatečných ztrát tepla cirkulačním okruhem v období bez cirkulace:

$$Q_{W,dis,ls,col,off,den} = 33,146 \text{ [MJ/den]} = 9,207 \text{ [kWh/den]}$$

Roční ztráta tepla:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,col,off,rok} &= 33,146 \cdot 365 = 12\,098,4 \text{ [MJ/rok]} = 12,098 \text{ [GJ/rok]} = \\ &= 3,361 \text{ [MWh/rok]} \end{aligned}$$

Celková ztráta tepla cirkulačním okruhem:

Průměrná denní ztráta tepla cirkulačním okruhem:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,col,den} &= Q_{W,dis,ls,col,on} + Q_{W,dis,ls,col,off} = 2,873 + 33,146 = \\ &= 36,019 \text{ [MJ/den]} = 10,005 \text{ [kWh/den]} \end{aligned}$$

Roční ztráta tepla:

$$\begin{aligned} Q_{W,dis,ls,col,rok} &= 36,019 \cdot 365 = 13\,146,9 \text{ [MJ/rok]} = 13,147 \text{ [GJ/rok]} = \\ &= 3,652 \text{ [MWh/rok]} \end{aligned}$$

3.2.2.3. Ztráty tepla příslušenstvím a nevyužitou teplou vodou

Ztráty tepla příslušenstvím jsou chápány jako ztráty tepla armaturami a přírubami (ale také závěsy apod.). Tyto ztráty tepla lze do celkových ztrát tepla započítat pomocí ekvivalentních délek potrubí, které musí jasně definovat národní příloha.

Pozn.: Výpočet ztráty tepla cirkulačním okruhem dle odstavce 3.2.2.2. obsahuje ztráty tepla armaturami a uložení (přípočet ekvivalentních délek potrubí dle ČSN 75 5455).

Ztráta tepla nevyužitou teplou vodou je množství energetického obsahu, který je nevyužit při dosažení minimální požadované teploty teplé vody v místě odběru (odpouštění vody). Minimální teploty teplé vody předepisuje norma ČSN EN 15316-3-1 v metodě stanovující potřebu teplé vody pomocí programů odběrů teplé vody. Výpočet ztrát tepla nevyužitou teplou vodou musí definovat národní příloha.

Ztráta tepla nevyužitou teplou vodou také souvisí se ztrátami tepla výtokovými armaturami. Materiál výtokové armatury částečně absorbuje tepelnou energii dodávanou

v průběhu dodávky teplé vody. Ztráty tepla výtokovými armaturami lze stanovit samostatně nebo v rámci výpočtu ztrát tepla nevyužitou teplou vodou. Pokud se stanovují samostatně, postup je uveden v příloze E normy ČSN EN 15316-3-2:

$$Q_{W,em,ls} = \beta_{W,em} \cdot n_{em} \cdot n_{tap} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

$\beta_{W,em}$... ztráta tepla specifického typu odběrného místa [MJ]/odběrný cíklus]

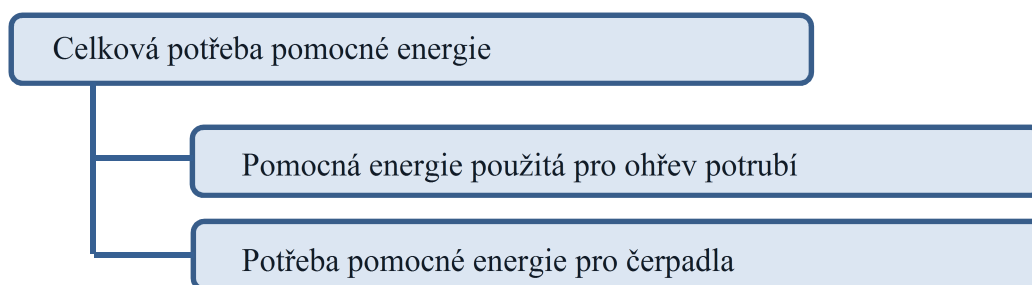
n_{em} ... počet výtokových armatur v konkrétním typu budovy [–]

n_{tap} ... počet odběrných cyklů během dne [–]

Pro výpočet musí být jednotlivé členy výše uvedeného vztahu blíže definovány národní přílohou.

Ztráty tepla nevyužitou teplovou vodou a ztráty tepla výtokovými armaturami ve výpočtu celkových ztrát tepla v dané budově si dovolím zanedbat.

3.2.2.4. Pomocná energie



Celková potřeba pomocné energie se stanoví jako součet pomocné energie použité pro ohřev potrubí a pomocné energie pro čerpadla:

$$W_{W,dis,aux} = W_{W,dis,rib} + W_{W,dis,pmp} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

$W_{W,dis,rib}$... potřeba pomocné energie pro ohřev potrubí [MJ]/den]

$W_{W,dis,pmp}$... potřeba pomocné energie pro čerpadla [MJ]/den]

Pomocná energie je energie, která již nepřispívá k přípravě teplé vody a je tedy posuzována zvlášť.

Výpočet potřeby pomocné energie není součástí výpočtu přípravy teplé vody, tedy níže uvedené metody výpočtu nejsou aplikovány pro danou budovu.

Pomocná energie pro ohřev potrubí

Tato energie slouží ke snížení ztrát tepla z potrubí pomocí topných kabelů nebo ohřevem potrubí. Výpočet vychází z předpokladu, že potřeba pomocné energie pro ohřev potrubí pokryje ztráty tepla z potrubí, ke kterým by došlo bez ohřevu potrubí a vypočítá se dle vztahu:

$$W_{W,dis,rib} = \frac{3,6}{1\,000} \cdot L_{W,rib} \cdot U_{W,dis} \cdot (\theta_{W,dis,avg} - \theta_{amb}) \cdot t_W \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

$L_{W,rib}$	... délka potrubního úseku vyhřívaného topnými kabely [m]
$U_{W,dis}$	... lineární součinitel prostupu tepla potrubního úseku [W/(m · K)]
$\theta_{W,dis,avg}$	... průměrná teplota teplé vody v potrubním úseku [°C]
θ_{amb}	... průměrná teplota okolního prostředí kolem potrubního úseku [°C]
t_W	... doba trvání dodávky teplé vody [h]

Pomocná energie pro čerpadla

Pomocnou energii pro čerpadla lze stanovit zjednodušenou nebo podrobnou metodou. Jelikož charakter diplomové práce je zaměřen na přípravu teplé vody, pomocnou energií se nebudu více zabývat. Níže uvádím pouze zjednodušenou metodu stanovení pomocné energie pro čerpadla (jedná se hlavně o čerpadla cirkulační).

$$W_{W,dis,pmp} = 3,6 \cdot P_{pmp} \cdot t_{pmp} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

P_{pmp}	... jmenovitý výkon čerpadla [kW]
t_{pmp}	... doba činnosti čerpadla [h/den]

Dobu činnosti čerpadla lze v nejnepříznivějším případě očekávat nepřetržitě, čili 24 h/den, v jiném případě tuto dobu musí stanovit národní příloha.

3.2.2.5. Rekapitulace ztrát tepla rozvodným potrubím a cirkulačním okruhem

Ztráty tepla samostatné části rozvodného potrubí (3.2.2.1.):

<i>Ztráty tepla potrubím na základě délek potrubí a počtu odběrů za den</i>		
Průměrná denní ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind,den}$	20,505 [MJ]/den]	5,696 [kWh/den]
Roční ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind,rok}$	7,484 [GJ]/rok]	2,079 [MWh/rok]
<i>Ztráty tepla potrubím na základě délek potrubí a účinnosti rozvodu</i>		
Průměrná denní ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind,den}$	16,370 [MJ]/den]	4,547 [kWh/den]
Roční ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind,rok}$	5,975 [GJ]/rok]	1,660 [MWh/rok]
<i>Ztráty tepla potrubím na základě délek potrubí a průměrné teploty</i>		
Průměrná denní ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind,den}$	8,742 [MJ]/den]	2,428[kWh/den]
Roční ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,ind,rok}$	3,191 [GJ]/rok]	0,886 [MWh/rok]

Pro výpočet celkové energetické náročnosti přípravy teplé vody bude použita ztráta tepla vypočtená metodou *Ztrát tepla potrubím na základě délek potrubí a počtu odběrů za den*.

Ztráty tepla cirkulačním okruhem (3.2.2.2.):

<i>Ztráty tepla cirkulačním okruhem na základě délky potrubí a neměnné ztráty tepla</i>		
Průměrná denní ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,col,den}$	18,101 [MJ]/den]	5,028 [kWh/den]
Roční potřeba energie pro přípravu teplé vody $Q_{W,dis,ls,col,rok}$	6,607 [GJ]/rok]	1,835 [MWh/rok]
<i>Ztráty tepla cirkulačním okruhem na základě fyzikálního přístupu</i>		
Průměrná denní ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,col,on,den}$	2,873 [MJ]/den]	0,798 [kWh/den]
Roční potřeba energie pro přípravu teplé vody $Q_{W,dis,ls,col,on,rok}$	1,049 [GJ]/rok]	0,291 [MWh/rok]
<i>Dodatečné ztráty tepla cirkulačním okruhem v období bez cirkulace</i>		
Průměrná denní ztráta tepla potrubím $Q_{W,dis,ls,col,off,den}$	33,146 [MJ]/den]	9,207 [kWh/den]
Roční potřeba energie pro přípravu teplé vody $Q_{W,dis,ls,col,off,rok}$	12,098 [GJ]/rok]	3,361 [MWh/rok]

V daném objektu cirkulační čerpadlo nepracuje nepřetržitě (spíná na 10 minut jednou za hodinu), proto bude pro výpočet celkové energetické náročnosti přípravy teplé vody použita ztráta tepla vypočtená metodou *Ztrát tepla cirkulačním okruhem na základě fyzikálního přístupu* vč. *dodatečných ztrát tepla v období bez cirkulace*. Potom celková ztráta tepla cirkulačním okruhem činí:

Průměrná denní ztráta tepla cirkulačním okruhem:

$$Q_{W,dis,ls,col,den} = Q_{W,dis,ls,col,on} + Q_{W,dis,ls,col,off} = 2,873 + 33,146 = 36,019 \text{ [MJ/den]} = 10,005 \text{ [kWh/den]}$$

Roční ztráta tepla:

$$Q_{W,dis,ls,col,rok} = 36,019 \cdot 365 = 13\,146,9 \text{ [MJ/rok]} = 13,147 \text{ [GJ/rok]} = 3,652 \text{ [MWh/rok]}$$

3.2.3. ČSN EN 15316-3-3 Soustavy teplé vody, příprava

3.2.3.1. Ztráta tepla z nepřímo ohřívaného zásobníku teplé vody

Ztráta tepla z nepřímo ohřívaného zásobníku teplé vody se vypočítá ze ztráty tepla zásobníku teplé vody v pohotovostním stavu²⁷ dle vztahu:

$$Q_{W,st,ls} = \frac{(\theta_{W,st,avg} - \theta_{amb,avg})}{\Delta\theta_{W,st,sby}} \cdot Q_{W,st,sby} \quad \text{[MJ/den]}$$

kde:

$\theta_{W,st,avg}$	...	průměrná teplota teplé vody v zásobníku [°C]
$\theta_{amb,avg}$	...	průměrná teplota okolního prostředí [°C]
$\Delta\theta_{W,st,sby}$	...	průměrný rozdíl teplot použitý při zkouškách ztrát tepla v pohotovostním stavu [°C]
$Q_{W,st,sby}$	...	ztráta tepla v pohotovostním stavu [MJ/den]

Obdobný vztah pro výpočet ztráty tepla nepřímo ohřívaného zásobníku uvádí také německá norma DIN V 18599-8:

²⁷ Ztráta tepla ze zásobníku v pohotovostním stavu se stanovuje dle EN 12897, tuto ztrátu tepla je výrobce povinen uvést v technickém listě daného zařízení.

$$Q_{W,s} = 1,2 \cdot \frac{(50 - \vartheta_i)}{45} \cdot d_{Nutz} \cdot q_{B,s} \quad [\text{kWh}]$$

kde:

$Q_{W,s}$... pohotovostní tepelná ztráta domácího zásobníku teplé vody [kWh]

ϑ_i ... průměrná teplota okolního prostředí [°C]

d_{Nutz} ... doba provozu zásobníku teplé vody [den]

$q_{B,s}$... denní ztráta tepla zásobníku v pohotovostním stavu [kWh/den]

Pokud není známa denní ztráta tepla zásobníku v pohotovostním stavu (musí uvést výrobce v technickém listu zařízení), německá norma DIN V 18599-8 uvádí vztah:

$$q_{B,s} = 0,8 + 0,02 \cdot V^{0,77} \quad [\text{kWh}]$$

kde:

V ... jmenovitý objem zásobníku teplé vody [l]

VÝPOČET

Výpočet je proveden nejprve dle ČSN EN 15316-3-3 a poté dle DIN V 18599-8.

Vstupní hodnoty:

Tepelná ztráta zásobníku OKC 300 NTRR/ 1 MPa v pohotovostním stavu:	$Q_{W,st,sby} = q_{B,s} = 1,68 \text{ [kWh/den]}$
Průměrný rozdíl teplot použitý při zkouškách ztrát tepla v pohotovostním stavu (dle ČSN EN 12897):	$\Delta\theta_{W,st,sby} = 45 \text{ [°C]}$
Průměrná teplota okolního prostředí:	$\theta_{amb,avg} = \vartheta_i = 21 \text{ [°C]}$
Průměrná teplota teplé vody v zásobníku:	$\theta_{W,st,avg} = 55 \text{ [°C]}$

Denní ztráta tepla zásobníku teplé vody dle ČSN EN 15316-3-3:

$$Q_{W,st,ls,den} = \frac{(\theta_{W,st,avg} - \theta_{amb,avg})}{\Delta\theta_{W,st,sby}} \cdot Q_{W,st,sby} = \frac{(55 - 21)}{45} \cdot 1,68 = 1,26933 \text{ [kWh/den]} = 4,56960 \text{ [MJ/den]}$$

Roční ztráta tepla zásobníku teplé vody dle ČSN EN 15316-3-3:

$$Q_{W,st,ls,rok} = 4,56960 \cdot 365 = 1\,667,9 \text{ [MJ/rok]} = 1,668 \text{ [GJ/rok]} = 0,463 \text{ [MWh/rok]}$$

Denní ztráta tepla zásobníku teplé vody dle DIN V 18599-8:

$$Q_{W,s} = 1,2 \cdot \frac{(50 - \vartheta_i)}{45} \cdot d_{Nutz} \cdot g_{B,s} = 1,2 \cdot \frac{(50 - 21)}{45} \cdot 1 \cdot 2,39512 = \\ = 1,97997 \text{ [kWh/den]} = 7,12788 \text{ [MJ/den]}$$

$$q_{B,s} = 0,8 + 0,02 \cdot V^{0,77} = 0,8 + 0,02 \cdot 295^{0,77} = 2,39512 \text{ [kWh/den]}$$

Roční ztráta tepla zásobníku teplé vody dle DIN V 18599-8:

$$Q_{W,st,ls,rok} = 7,12788 \cdot 365 = 2\,601,7 \text{ [MJ/rok]} = 2,602 \text{ [GJ/rok]} = \\ = 0,723 \text{ [MWh/rok]}$$

Pozn.: Pro další postup bude použita hodnota denní ztráty zásobníku teplé vody vypočtena dle normy ČSN EN 15316-3-3.

3.2.3.2. Potrubní okruh zdroje tepla

Tepelná energie je do nepřímo ohřívajícího zásobníku teplé vody dodávána ze zdroje tepla, který může být umístěn v malé, ale i ve velké vzdálenosti od zásobníku, proto je také nutné uvážit ztráty tepla v potrubním okruhu zdroje tepla.

Kapitola 7 normy ČSN EN 15316-3-3 uvádí dva způsoby stanovení ztráty tepla v potrubním okruhu zdroje tepla a to odhadem nebo podrobným výpočtem. Stanovit ztráty tepla jednoduchou metodou, tedy odhadem, musí být specifikován v národní příloze.

Podrobný výpočet ztrát tepla v potrubním okruhu zdroje tepla vychází z výpočtu ztrát tepla z potrubí dle ČSN EN 15316-3-2. Tato ztráta tepla slouží především pro návrh zdroje tepla.

VÝPOČET

Výpočet je proveden metodou Ztrát tepla cirkulačním okruhem. Výpočet ztrát tepla vychází ze skutečné délky potrubí primárního okruhu a dále z průměrných teplot topné a vratné vody ze zdroje tepla. Ztrátu tepla cirkulačního okruhu během cirkulace je možné zanedbat vzhledem k velikosti rozvodu.

Vstupní hodnoty:

Průměrná teplota teplé vody potrubního úseku:	$\theta_{W,dis,avg,topná} = 45 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$
Průměrná teplota teplé vody potrubního úseku:	$\theta_{W,dis,avg,vratná} = 40 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$
Nejnižší průměrná teplota topné vody:	$\theta_{amb,topná} = 35 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$
Nejnižší průměrná teplota topné vody:	$\theta_{amb,vratná} = 30 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$
Počet cyklů za den:	$n_{nom} = 10 \text{ [–]}$

Úsek okruhu	DN + tl. TI	l_i [m]	$l_{e,i}$ [m]	L_i [m]
TČ – ZS	22 x 1,0 + 20 mm (topná)	2,7	0,0	2,7
	22 x 1,0 + 20 mm (vratná)	1,4	0,0	1,4

Lineární součinitel prostupu tepla:

Cu 22x1,0 + MIRELON POLAR 20 mm:

$$\begin{aligned}
 (2) \quad U_{DN\ 22+20} &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} = \\
 &= \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 386} \cdot \ln \frac{0,022}{0,020} + \frac{1}{2 \cdot 0,044} \cdot \ln \frac{0,062}{0,022} + \frac{1}{8 \cdot 0,062}} = 0,32 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}
 \end{aligned}$$

Při předpokladu, že teplota topné a vratné vody teoreticky neklesne až na teplotu okolí, je pro výpočet upraven teplotní gradient.

$$\begin{aligned}
 Q_{W,pl,ls} &= \sum_j \frac{\rho_W \cdot c_W}{1\,000} \cdot V_{W,dis,i} \cdot (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) \cdot n_{nom} = \\
 &= \frac{1\,000 \cdot 4,182}{1\,000} \cdot \frac{\pi \cdot 0,020^2}{4} \cdot 2,7 \cdot (45 - 35) \cdot 10 + \frac{1\,000 \cdot 4,182}{1\,000} \\
 &\quad \cdot \frac{\pi \cdot 0,020^2}{4} \cdot 1,4 \cdot (40 - 30) \cdot 10 = \\
 &= 0,35473 + 0,18393 = 0,53866 \text{ [MJ/den]} = 0,14963 \text{ [kWh/den]}
 \end{aligned}$$

Roční ztráta tepla potrubního okruhu zdroje tepla:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,pl,ls,rok} &= 0,53866 \cdot 365 = 196,6 \text{ [MJ/rok]} = 0,1966 \text{ [GJ/rok]} = \\
 &= 0,0546 \text{ [MWh/rok]}
 \end{aligned}$$

3.2.3.3. Celková potřeba energie pro návrh zdroje tepla

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody povýšená o ztráty tepla rozvodu teplé vody, o ztrátu tepla zásobníku teplé vody a o ztrátu potrubního okruhu zdroje tepla tvoří celkovou potřebu energie pro přípravu teplé vody. Tuto celkovou požadovanou energii musí zajistit zdroje (nebo více zdrojů), aby bylo dosaženo zejména požadovaných teplot v místě odběru.

Odtud:

$$Q_{W,gen,out} = Q_W + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,pl,ls} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

$Q_{W,gen,out}$... celkový výkon zdroje tepla [MJ]/den]

Q_W ... potřeba tepla na ohřev teplé vody [MJ]/den]

$Q_{W,dis,ls}$... ztráta tepla v rozvodu teplé vody [MJ]/den]

$Q_{W,st,ls}$... ztráta tepla v zásobníku teplé vody [MJ]/den]

$Q_{W,p,ls}$... ztráta tepla v potrubním okruhu zdroje tepla [MJ]/den]

VÝPOČET

Průměrná denní potřeba energie pro přípravu teplé vody $Q_{W,den}$	52,613 [MJ]/den]	14,615 [kWh/den]
Průměrná denní ztráta tepla samostatné části rozvodného potrubí $Q_{W,dis,ls,ind,den}$	20,505 [MJ]/den]	5,696 [kWh/den]
Průměrná denní ztráta tepla cirkulačním okruhem $Q_{W,dis,ls,col,den}$	36,019 [MJ]/den]	10,005 [kWh/den]
Ztráta tepla v zásobníku teplé vody $Q_{W,st,ls,den}$	4,570 [MJ]/den]	1,269 [kWh/den]
Ztráta tepla v potrubním okruhu zdroje tepla $Q_{W,pl,ls,den}$	0,539 [MJ]/den]	0,150 [kWh/den]

Průměrná denní celková potřeba energie pro přípravu teplé vody:

$$\begin{aligned} Q_{W,gen,out} &= Q_W + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,p,ls} = \\ &= 52,613 + (20,505 + 36,019) + 4,570 + 0,539 = 114,246 [\text{MJ}/\text{den}] = \\ &= 31,735 [\text{kWh}/\text{den}] \end{aligned}$$

Roční celková potřeba energie pro přípravu teplé vody:

$$\begin{aligned} Q_{W,gen,out} &= 114,246 \cdot 365 = 41\,699,8 [\text{MJ}/\text{rok}] = 41,700 [\text{GJ}/\text{rok}] = \\ &= 11,583 [\text{MWh}/\text{rok}] \end{aligned}$$

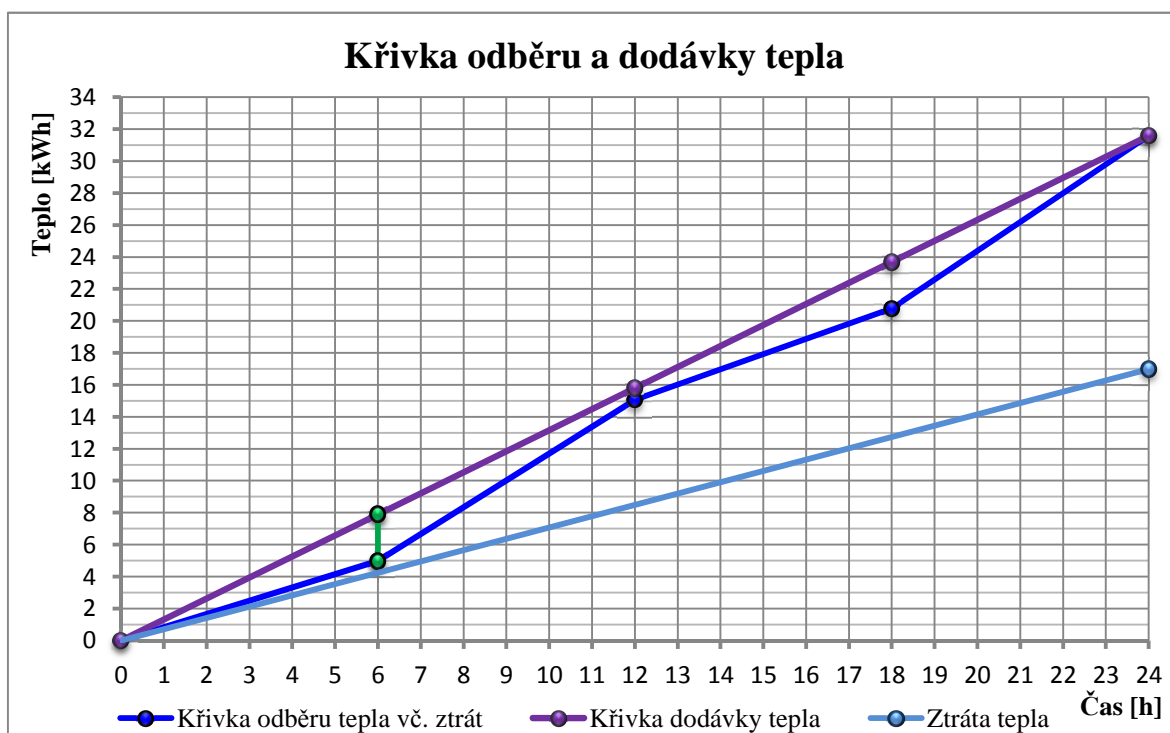
Procentuální vyjádření ztrát tepla (ztráta tepla v potrubních rozvodech, ztráta tepla v zásobníku) pro porovnání s naměřenými hodnotami v rámci experimentální části diplomové práce:

Denní ztráta tepla v rozvodech $Q_{W,dis,ls}$	56,524 [MJ]/den]	15,701 [kWh]/den]
Denní ztráta tepla v zásobníku $Q_{W,st,ls}$	4,570 [MJ]/den]	1,269 [kWh]/den]
Denní potřeba energie pro ohřev TV Q_W :	52,613 [MJ]/den]	14,615 [kWh]/den]
Denní potřeba tepla CELKEM:	113,707 [MJ]/den]	31,586 [kWh]/den]

Procentuální podíl ztrát tepla:

$$Q_{W,\%} = \frac{(Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls})}{(Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls}) + Q_W} \cdot 100 = \frac{(56,524 + 4,570)}{(56,524 + 4,57) + 52,613} \cdot 100 = 52 \%$$

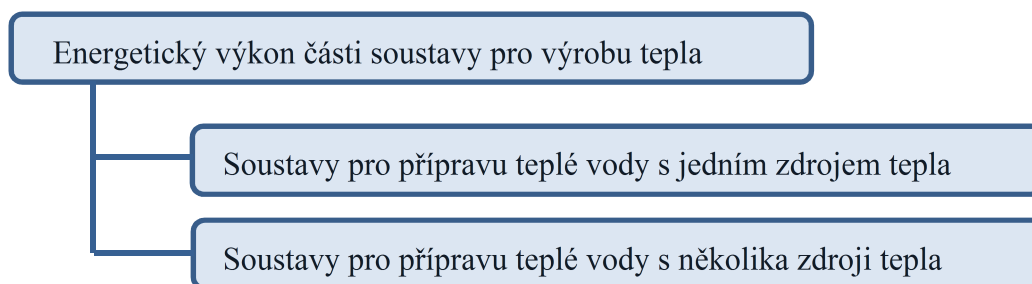
Potřeba teplé vody a tepla:			Kumulativní křivky odběru a dodávky tepla:					
Interval	Podíl	$Q_{W,2t}$ [kWh]	Čas	$Q_{W,2t}$ [kWh]	$Q_{W,2Z}$ [kWh]	$Q_{W,2P}$ [kWh]	$Q_{W,1P}$ [kWh]	$Q_{W,1P}-Q_{W,2P}$ [kWh]
0 - 6	5%	0,731	0:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6 - 12	40%	5,846	6:00	0,731	4,243	4,974	7,897	2,923
12 - 18	10%	1,462	12:00	6,577	8,486	15,062	15,793	0,730
18 - 24	45%	6,577	18:00	8,038	12,728	20,767	23,690	2,923
CELKEM		14,615	24:00	14,615	16,971	31,586	31,586	0,000



Pro porovnání výpočtového a fyzického modelu je určen objem zásobníkového ohříváče teplé vody:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{|Q_{max}^+| + |Q_{max}^-|}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{2,923}{1,163 \cdot (55 - 15)} = 0,065 \text{ m}^3$$

3.2.3.4. Energetický výkon části soustavy pro výrobu tepla



Soustava pro přípravu teplé vody s jedním zdrojem tepla

V případě, že zdrojem tepla je pouze jeden zdroj, celkovou potřebu energie pro přípravu teplé vody musí zajistit právě tento zdroj.

Soustava pro přípravu teplé vody se dvěma zdroji tepla

V případě, že celkovou požadovanou tepelnou energii pro přípravu teplé vody mají dodat dva zdroje tepla (nebo i více), dle normy ČSN EN 15316-3-3 se stanoví podíl každého zdroje z celkového výkonu všech zdrojů pomocí jmenovitého výkonu každého zdroje.

Zdroje tepla mohou být zapojeny v sérii či paralelně. V případě paralelního zapojení zdrojů se stanoví proporcionální podíl každého zdroje a pomocí tohoto podílu pak dílčí výkon každého zdroje.

$$Q_{W,gen,out,i} = \alpha_{W,gen} \cdot Q_{W,gen,out} = \frac{Q_{W,gen,nom,i}}{\sum Q_{W,gen,nom,i}} \cdot Q_{W,gen,out} \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

kde:

$Q_{W,gen,out,i}$... dílčí výkon zdroje tepla [MJ/den]

$\alpha_{W,gen}$... proporcionální podíl každé jednotky [—]

$Q_{W,gen,nom,i}$... jmenovitý výkon zdroje tepla [MJ/den]

Výpočet dílčího výkonu zdroje tepla pro danou budovu není proveden. Zdrojem tepla v budově je tepelné čerpadlo TC MACH IN 15.0, které slouží pro pokrytí tepelných ztrát budovy a pro přípravu teplé vody, přičemž teplá voda je akumulována a dohřívána v zásobníkovém ohřívači OKC 300 NTRR / 1 MPa s výkonem topné vložky 2,5 kW. Pro návrh systému by bylo tento výpočet nutné provést, ale pro posouzení energetické náročnosti přípravy teplé vody není tento výpočet nutný.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

Experimentální část diplomové práce byla provedena dvakrát – první měření proběhlo v květnu a druhé v říjnu 2012. V kapitole EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ je prezentováno zejména měření z měsíce října a to z důvodu nevhodného umístění snímačů ultrazvukového průtokoměru PT 878, který byl pro měření použit v měsíci květnu.

Tabulka č. 9 Sestavy měřící techniky:

Měsíc	Měřicí přístroj	Měřená veličina
květen	Ultrazvukový průtokoměr PT 878	průtok
	Měřicí ústředna ALMEMO 2980-9	teplota
říjen	Ultrazvukový průtokoměr System 1010 P/DP Uniflow	průtok
	Měřicí ústředna ALMEMO 3290-8	teplota
	Měřicí přístroj TA-CBI	teplota

Měření bylo provedeno v průběhu dvou dnů a to v průběhu pracovního dne a víkendového dne. Z důvodu omezené výpůjční doby bylo měření provedeno pouze pro jednu neděli a jedno pondělí.

V průběhu neděle se v budově vyskytovalo 7 osob pouze v privátní části budovy. V pracovní dny je nutné uvažovat s provozem administrativní části od 7 do 16 hodin, kde je 5 zaměstnanců, a taktéž s provozem privátní části, kde celkem 7 osob.



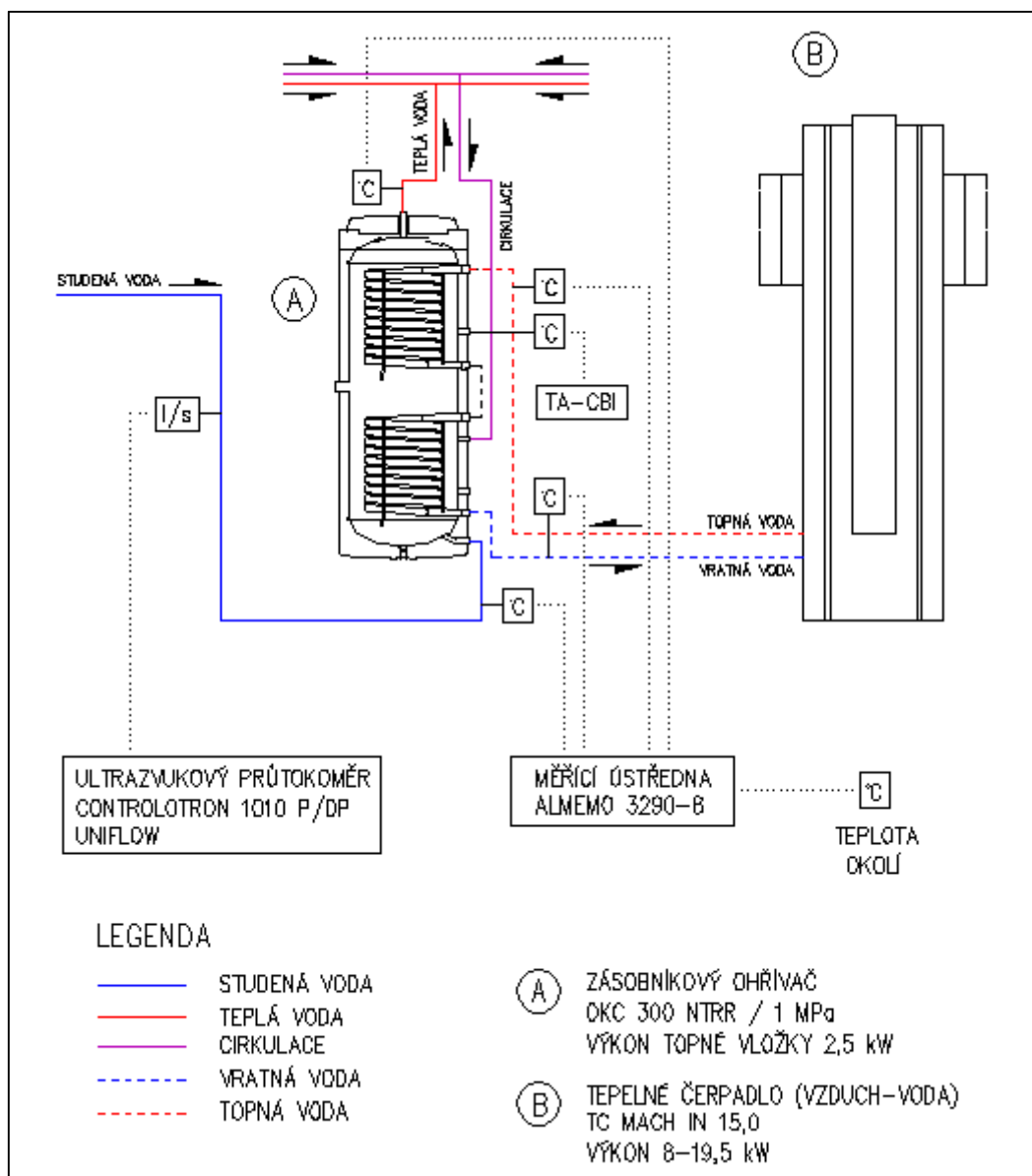
Obr. č. 4 Technická místnost v objektu SO 01

4.1. Cíl měření

Aplikováním výpočtových metod zabývajících se problematikou přípravy a distribuce teplé vody dle normy ČSN 06 0320 a ČSN EN 15316-3 byl proveden teoretický výpočet pro stávající zařízení v objektu rodinného domu s administrativní částí. Cílem experimentu je porovnání a posouzení skutečně naměřených hodnot fyzického modelu zařízení pro přípravu a distribuci teplé vody s výpočtovými hodnotami pro stejný výpočtový model dle normy ČSN 06 0320 a ČSN EN 15316-3.

4.2. Fyzický model – schéma zapojení vč. legendy přístrojů (říjen)

Níže uvedené schéma zapojení odpovídá měření, které proběhlo v měsíci říjnu.



Obr. č. 5 Schéma zapojení (říjen)

LEGENDA PŘÍSTROJŮ:

- ultrazvukový průtokoměr Controlotron System 1010 P/DP Uniflow
- univerzální měřicí ústředna ALMEMO 3290-8
- měřicí a vyvažovací přístroj TA-CBI

Tabulka č. 10 Legenda čidel

Měřená veličina	Čidlo	Přesnost
průtok	PPS-B3, 7391A - A2	$\pm 2 \%$
teplota	termočláňkové dráty typ K (NiCr-Ni) T190-0	$\pm 2,5 \%$
teplota	sonda TF 2R Pt1000 KI.A	$\pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Na fyzickém modelu byl měřen ultrazvukovým průtokoměrem průtok studené vody na svislém potrubí před vstupem do zásobníkového ohřívače teplé vody OKC 300 NTRR (eliminace zavzdušnění potrubí). Současně proběhlo měření teploty studené vody před vstupem do zásobníkového ohřívače, teploty teplé vody na výstupu ze zásobníkového ohřívače, teploty topné a vratné vody (zdrojem tepla je tepelné čerpadlo TC MACH IN 15,0) a teploty okolního vzduchu v technické místnosti. Tyto teploty byly zaznamenávány měřicí ústřednou ALMEMO 3290-8. Dále byla měřena teplota teplé vody v zásobníkovém ohřívači teplé vody sondou FT 2R PT 1 000 a byla zaznamenávána přístrojem TA-CBI.

Časový krok byl pro měření stanoven na 15 sekund. Před měřením byl sjednocen čas pro všechny měřicí přístroje a to proto, aby byl zaručen stejný okamžik zápisu měřených dat. Měření bylo provedeno pro pracovní a pro víkendový den (pondělí a neděle).

Průtokoměr Controlotron System 1010 P/DP Uniflow

Ultrazvukový průtokoměr Uniflow 1010 je mikroprocesorový přenosný přístroj pracující na principu měření doby průchodu médiem. Průtokoměr je vybaven dvěma přenosnými neinvazivními snímači (vysílací/přijímací), které se na potrubí umísťují za sebe ve směru proudění tekutiny. Rozdíl mezi dobou průchodu obou signálů k druhému snímači je úměrný rychlosti proudění tekutiny (přepočet na průtok). Dále je sada průtokoměru vybavena upevňovacími šrouby, montážní dráhou, datovým záznamníkem a integrovanou klávesnicí. Pomocí ultrazvukového průtokoměru Uniflow je také možné stanovit tloušťku potrubí (v závislosti na zvukové vodivosti a stavu vnitřní stěny trubky).

Pozn.: Ultrazvukové průtokoměry, které jsou založeny na principu měření doby průchodu médiem, měří pouze rychlost proudění čistých tekutin.



Obr. č. 6 Ultrazvukový průtokoměr 1010 P/DP

Univerzální měřicí ústředna ALMEMO 3290-8

Přístroj ALMEMO 3290-8²⁸ je založen na kombinaci mikroprocesorem řízeného indikačního přístroje o velké rozlišovací schopnosti s inteligentními ALEMEMO konektory a slouží jako přístroj pro měření fyzikálních veličin pomocí snímačů, které jsou v integraci s inteligentními konektory, které disponují pamětí, v níž jsou uloženy parametry snímače (např. měřicí rozsah, označení čidla, ...). Z tohoto důvodu je možné k ústředně připojit různá čidla. Po připojení konektorů si ústředna již sama automaticky nastaví potřebné funkce pro dané parametry uložené v paměti konektoru. Naměřená data lze ukládat do paměti přístroje, která má kapacitu 130 kB.

Ústředna je vybavena LCD displejem, kde je možné sledovat podrobnosti a průběh měření, a dále vybavenost ústředny doplňuje datakabel, pomocí kterého se realizuje přenos dat do PC, popř. nastavení ústředny prostřednictvím PC.



Obr. č. 7 Měřicí ústředna ALMEMO 3290-8²⁹

²⁸ Podrobnější informace jsou uvedeny na www.ahlborn.cz.

²⁹ Obrázek poskytnut z: <http://www.kayteck.com/english/32908.htm>

Měřicí a vyvažovací přístroj TA – CBI

TA-CBI je počítačem řízený měřicí přístroj, který umožňuje měření tlakové difference, průtoku a teploty. Pro účel měření teploty vody v zásobníkovém ohřívači teplé vody bylo využito měření teploty pomocí teplotní sondy PT 1000, které je součástí měřicí soupravy. Teplotní rozsah pro měření teploty je od -20 °C po +120 °C při přesnosti měření přístroje < 0,2 °C. Přístroj je vybaven mikropočítačem, klávesnicí a LCD displejem.

Přístroj slouží zejména pro měření tlakové difference pomocí tlakového převodníku a měření se provádí přímo pomocí měřicího TA ventilu v dané potrubní soustavě.



Obr. č. 8 Měřicí přístroj TA – CBI³⁰

4.3. Sledované veličiny (řízení)

Sledovanými veličinami byly:

- průtok studené vody před vstupem do zásobníkového ohřívače [l/s]
- teplota studené vody před vstupem do zásobníkového ohřívače [°C]
- teplota teplé vody na výstupu ze zásobníkového ohřívače [°C]
- teplota topné vody přiváděné do zásobníkového ohřívače [°C]
- teplota topné vody vratné ze zásobníkového ohřívače [°C]
- teplota vody v zásobníkovém ohřívači [°C]
- teplota okolí [°C]

4.4. Postup měření (řízení)

Samotnému měření předcházela kontrola přesnosti měřících přístrojů a čidel pro měření teploty. Přesnost měření teplot byla otestována měřením teploty vody v nádobě naplněné vodou s ledem, přičemž teplota ledové vody byla kontrolně měřena kapalinovým

³⁰ Obrázek přístroje TA-CBI poskytnut z: http://saato.wikispaces.com/N%C3%A4ytt%C3%B6_Koivikko

teploměrem s rozsahem stupnice od -10 °C do +60 °C. Přesnost měření průtoku nebyla ověřena z důvodu absence obnaženého potrubí u výtokové armatury (nebylo možné osadit snímače). Před samotným měřením byly nainstalovány snímače, postup jejich instalace a nastavení měřících přístrojů je uveden níže. U všech měřících přístrojů byl nastaven jednotný čas a interval zápisu dat po 15 sekundách. Po ukončení měření byly snímače demontovány a zapsaná (naměřená) data byla pomocí datových kabelů stažena do PC (vzhledem k absenci datových kabelů u měřících souprav bylo nutné přístroje, kromě TA-CBI³¹, přemístit na ústav TZB, kde byla data stažena).

INSTALACE TEPLOTNÍCH ČIDEL NiCr-Ni

Před nastavením a uvedením do provozu měřící ústředny ALMEMO 3290-8 byla provedena instalace teplotních čidel, kdy izolovaná potrubí byla v místě umístění teplotních čidel zbavena tepelné izolace a veškerých nečistot. Poté byla termočláňková čidla pevně připevněna na obnažené potrubí pomocí samolepící pásky. Čidla byla postupně nainstalována a na závěr proběhla zpětná montáž výřezů tepelné izolace zpět na potrubí.

Po samotné instalaci teplotních termočláňkových čidel byly zapojeny konektory do ústředny ALMEMO 3290-8 (vstupy M0 až M4). Poté byla měřící ústředna zapnuta a nastavena.



Obr. č. 9 a č. 10 Ukázka umístění čidel NiCr-Ni a sondy PT 1000

³¹ Ultrazvukový průtokoměr Uniflow a měřící ústředna ALMEMO 3290-8 byly zapůjčeny v ústavu TZB VUT FAST, přístroj TA-CBI byla zapůjčen ve firmě INSTASTAV HELÁN, s.r.o.

Tabulka č. 11 Přiřazení vstupů M0 až M4

Vstup do ústředny	Umístění teplotního čidla
Vstup M0	Teplota studené vody před vstupem do zásobníkového ohřívače TV
Vstup M1	Teplota teplé vody na výstupu ze zásobníkového ohřívače TV
Vstup M2	Teplota topné vody vratné ze zásobníku do tepelného čerpadla
Vstup M3	Teplota topné vody přiváděné do zásobníku z tepelného čerpadla
Vstup M4	Teplota vzduchu okolí

NASTAVENÍ MĚŘÍCÍ ÚSTŘEDNY ALMEMO 3290-8

Před zapnutím přístroje byla provedena kontrola zapojení všech měřících čidel a připojení ústředny ke zdroji napájení. Po zapnutí přístroje bylo provedeno manuálně jeho nastavení, kdy byly nejdříve vymazány doposud uložené hodnoty v paměti přístroje a poté bylo nutné nastavit a sjednotit čas s ostatními měřicími přístroji, kdy bylo nastaveno datum, čas a cyklus zapisování měřených dat do paměti přístroje (byl nastaven cyklus zapisování dat po 15 sekundách). Pro toto měření nebyl k dispozici datový kabel, pomocí něhož a příslušného softwaru firmy AHLBORN by bylo možné provést nastavení ústředny pomocí PC.

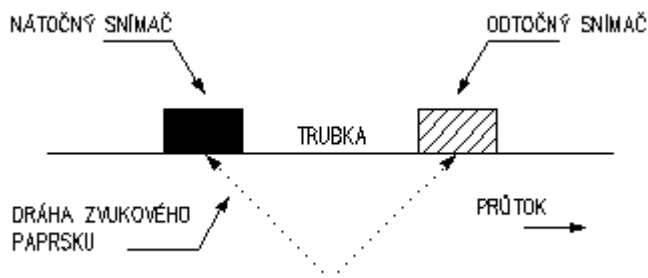
NASTAVENÍ MĚŘÍCÍHO PŘÍSTOJE TA – CBI

Nastavení přístroje spočívá pouze ve sjednocení data, času a cyklu měření a ve výběru a potvrzení měřené veličiny. Přístroj disponuje pamětí pro ukládání měřených dat a lze nastavit dobu snímání. Součástí setu je také teplotní sonda Pt 1000, která byla umístěna do jímky v horní části zásobníkového ohřívače.

INSTALACE PŘENOSNÝCH SNÍMAČŮ PRŮTOKOMĚRU

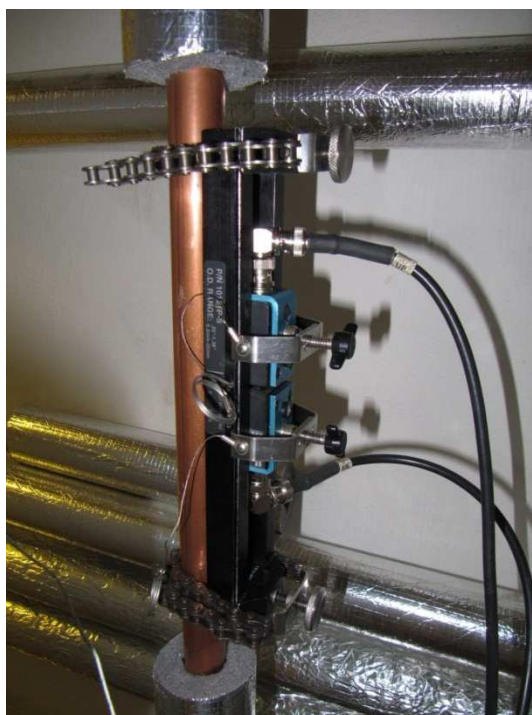
Na počátku bylo zvoleno místo pro umístění snímačů, tj. svislé měděné potrubí přivádějící studenou vodu do zásobníkového ohřívače teplé vody. Výrobce předepisuje minimální délky rovných úseků potrubí před a za umístěním snímačů. Před nátočným snímačem musí být délka přímého úseku potrubí min. 15 x DN potrubí, tj. pro měděné potrubí 28x1,5 je to $25 \cdot 15 = 375$ mm, a za odtočným snímačem min. 5 x DN, tj. $25 \cdot 5 = 125$ mm. Obě dvě podmínky byly při instalaci snímačů dodrženy.

V místě umístění snímačů byla vyříznuta tepelná izolace (MIRELON POLAR), potrubí bylo zbaveno nečistot a připraveno pro montáž snímačů. Pro měření byla použita odrazová metoda, kdy snímače jsou umístěny na stejné straně potrubí (viz [4.2.](#), odstavec Průtokoměr Controlotron System 1010 P/DP Uniflow).



Obr. č. 11 Reflexní montáž snímačů průtoku³²

Snímače byly na potrubí upevněny pomocí kolejničky montážní dráhy, upínacích šroubů a válečkových řetězů po obou stranách kolejničky. Před samotným umístěním byla na snímače nanесena vrstva kontaktního gelu. Dále byly do měřicího přístroje navoleny údaje o potrubí a kapalině, na základě nichž přístroj určil číselný index pro zajištění správné rozteče snímačů.



Obr. č. 12 Umístění snímačů pro měření průtoku v technické místnosti objektu SO 01

³² Uživatelská příručka. Systém 1010 P/WP, univerzální přenosný vícefunkční průtokoměr. Controlotron Corporation, 155 Plant Avenue, Hauppauge, NY 11788. Přeložil: Pokorný, František.

NASTAVENÍ ULTRAZVUKOVÉHO PRŮTOKOMĚRU UNIFLOW

V paměti přístroje bylo nastaveno a pojmenováno místo výlučně pro dané měření. Shromážděné údaje o měřeném místě (údaje o trubkách, kapalině) byly zapsány do paměti přístroje. Dále byl nastaven datový záznamník, který zaznamenával vybraná data (datum, čas, průtok). Tak jako předešlé přístroje, bylo nutné sjednotit čas v přístroji a nastavit cyklus záznamu dat (po 15 sekundách).

4.5. Výsledky měření (grafy, tabulky)

Denní spotřeba teplé vody a odpovídající spotřeba energie na její přípravu

Ultrazvukovým průtokoměrem byl změřen průtok studené vody před vstupem do zásobníkového ohřívače pro pracovní den (pondělí) a pro víkendový den (neděle). Na základě naměřených hodnot byly sestaveny obrazy odběrů teplé vody v průběhu uvedených dnů.

Z měření vyplynulo, že celková spotřeba teplé vody v pondělí byla 304,5 l a v neděli 222,5 l. Odtud pomocí kalorimetrické rovnice byla dopočítána energie potřebná k ohřevu teplé vody.

$$Q = 4,182 \cdot V \cdot (\theta_1 - \theta_0) \quad [\text{MJ}/\text{den}]$$

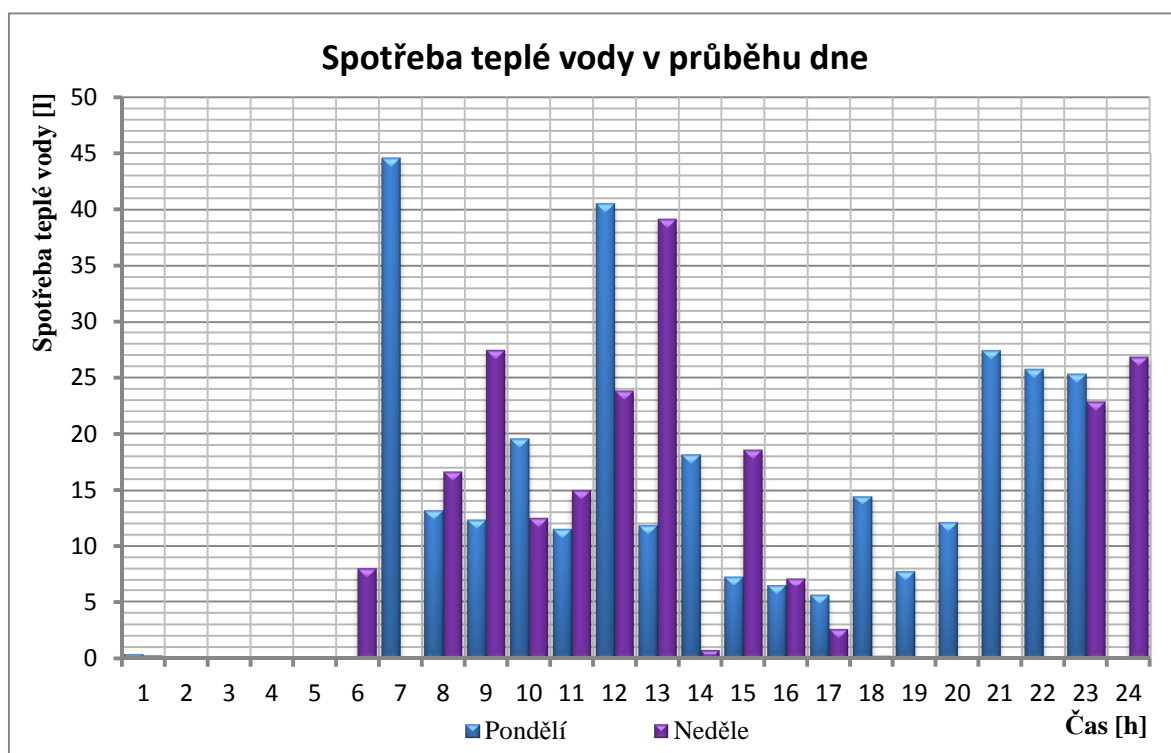
kde:

Q	...	energie potřebná pro přípravu teplé vody [MJ/den]
4,182	...	měrná tepelná kapacita vody [kJ/(kg · K)]
V	...	objem teplé vody [m ³ /den]
θ_1	...	výstupní teplota teplé vody [°C]
θ_0	...	vstupní teplota studené vody [°C]

Výstupní teplota teplé vody θ_1 byla měřena v zásobníkovém ohřívači teplé vody pomocí měřicího přístroje TA-CBI a vstupní teplota studené vody θ_0 byla měřena před vstupem do zásobníkového ohřívače měřicí ústřednou ALMEMO 3290-8. Na základě naměřených teplot byla stanovena potřebná energie pro přípravu teplé vody (viz následující tabulka a grafy průběhu měřených veličin).

Čas	Pracovní den			Víkendový den		
	Spotřeba teplé vody	Teplo potřebné k ohřevu teplé vody		Spotřeba teplé vody	Teplo potřebné k ohřevu teplé vody	
	[l]	[MJ]	[kWh]	[l]	[MJ]	[kWh]
0 – 1	0,370	0,056	0,015	0,279	0,042	0,012
1 – 2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2 – 3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3 – 4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Pokračování						
Čas	Pracovní den			Víkendový den		
	Spotřeba teplé vody	Teplo potřebné k ohřevu teplé vody		Spotřeba teplé vody	Teplo potřebné k ohřevu teplé vody	
	[l]	[MJ]	[kWh]	[l]	[MJ]	[kWh]
4 – 5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5 – 6	0,000	0,000	0,000	8,062	1,118	0,311
6 – 7	44,587	7,151	1,986	0,000	0,000	0,000
7 – 8	13,166	2,149	0,597	16,664	2,338	0,649
8 – 9	12,335	1,846	0,513	27,460	4,276	1,188
9 – 10	19,549	2,918	0,811	12,521	1,861	0,517
10 – 11	11,519	1,715	0,476	15,052	2,205	0,612
11 – 12	40,594	6,451	1,792	23,878	3,579	0,994
12 – 13	11,853	1,761	0,489	39,212	5,787	1,607
13 – 14	18,152	2,644	0,734	0,755	0,110	0,030
14 – 15	7,291	1,088	0,302	18,597	2,695	0,749
15 – 16	6,462	0,995	0,276	7,141	1,045	0,290
16 – 17	5,621	0,804	0,223	2,606	0,358	0,099
17 – 18	14,482	2,142	0,595	0,238	0,033	0,009
18 – 19	7,785	1,200	0,333	0,000	0,000	0,000
19 – 20	12,116	1,788	0,497	0,093	0,012	0,003
20 – 21	27,437	4,259	1,183	0,000	0,000	0,000
21 – 22	25,784	4,006	1,113	0,133	0,016	0,005
22 – 23	25,354	3,988	1,108	22,895	3,363	0,934
23 – 24	0,000	0,000	0,000	26,862	4,097	1,138
Celkem	304,457	46,961	13,045	222,448	32,934	9,148



Vezmeme-li v úvahu ztráty tepla v rozvodech teplé vody, bude dle následujících předpokladů stanovena celková potřeba tepla pro její přípravu.

- předpoklad průměrné teploty studené vody před vstupem do zásobníkového ohřívače a teplé vody v zásobníkovém ohřívači dle naměřených hodnot:

Studená voda před vstupem do zásobníkového ohřívače	17 °C
Teplá voda v zásobníkovém ohřívači teplé vody	51 °C

- výpočet ztráty tepla v potrubním rozvodu na základě principu změření teploty teplé vody na výtoku u nejvzdálenější armatury³³:

Teplota teplé vody na výtoku u nejvzdálenější armatury	48 °C
--	-------

Pomocí kalorimetrické rovnice a rozdílu teplot mezi teplotou teplé vody v zásobníku a teplotou na výtoku určíme ztrátu tepla v potrubním rozvodu. Pro výpočet je uvažováno s množstvím vody 1 m³ (množství vody nemá vliv na procentuální vyjádření ztráty tepla v potrubí).

$$Q_Z = 4,182 \cdot V \cdot (\theta_1 - \theta_2) = 4,182 \cdot 1 \cdot (51 - 48) = 12,55 \text{ [MJ]} = 3,49 \text{ [kWh]}$$

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody o výstupní teplotě 51 °C a vstupní teplotě 17 °C:

$$Q_T = 4,182 \cdot V \cdot (\theta_1 - \theta_0) = 4,182 \cdot 1 \cdot (51 - 17) = 142,19 \text{ [MJ]} = 39,50 \text{ [kWh]}$$

Podílem Q_Z a Q_T získáme ztrátu tepla v potrubí, která činí procentuálně cca 9 %.

	Pracovní den		Víkendový den	
Teplo potřebné k ohřevu teplé vody:	46,961 [MJ]	13,045 [kWh]	32,934 [MJ]	9,148 [kWh]
Ztráta tepla 9 %:	4,226 [MJ]	1,174 [kWh]	2,964 [MJ]	0,823 [kWh]
Teplo celkem:	51, 187 [MJ]	14, 219 [kWh]	35, 898 [MJ]	9, 971 [kWh]

Takto stanovená ztráta tepla v potrubí představuje okamžitou ztrátu tepla v době odběru, nikoliv ztrátu tepla z potrubí v rámci celého dne, tak jak předpokládá norma ČSN EN 15316-3. Pro porovnání s evropskou normou ČSN EN 15316-3, uvažují také ztrátu tepla 52 % (viz [3.2.3.3.](#)), potom:

	Pracovní den		Víkendový den	
Teplo potřebné k ohřevu teplé vody:	46,961 [MJ]	13,045 [kWh]	32,934 [MJ]	9,148 [kWh]
Ztráta tepla 52 %:	24,420 [MJ]	6,783 [kWh]	17,126 [MJ]	4,757 [kWh]
Teplo celkem:	71, 381 [MJ]	19, 828 [kWh]	50, 060 [MJ]	13, 906 [kWh]

Denní potřeba teplé vody a tepla na její přípravu dle naměřených hodnot stanovená váženým průměrem, kdy uvažujeme pracovní a víkendové dny v rámci roku 2012³⁴.

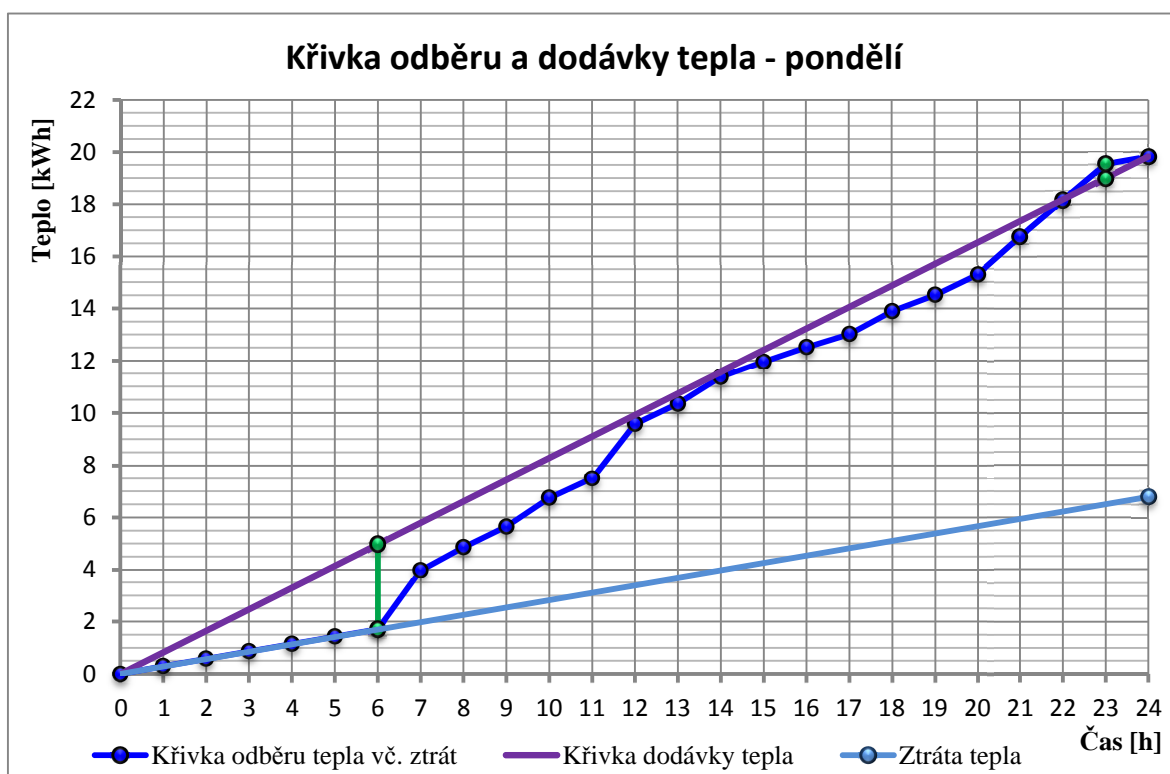
³³ Teplota teplé vody na výtoku po odpuštění vody po dobu 1 minuty.

	Pracovní den		Víkendový den	
Denní spotřeba tepla:	71,381 [MJ]	19,828 [kWh]	50,060 [MJ]	13,906 [kWh]
Denní spotřeba TV:	304,457 [l]		222,448 [l]	

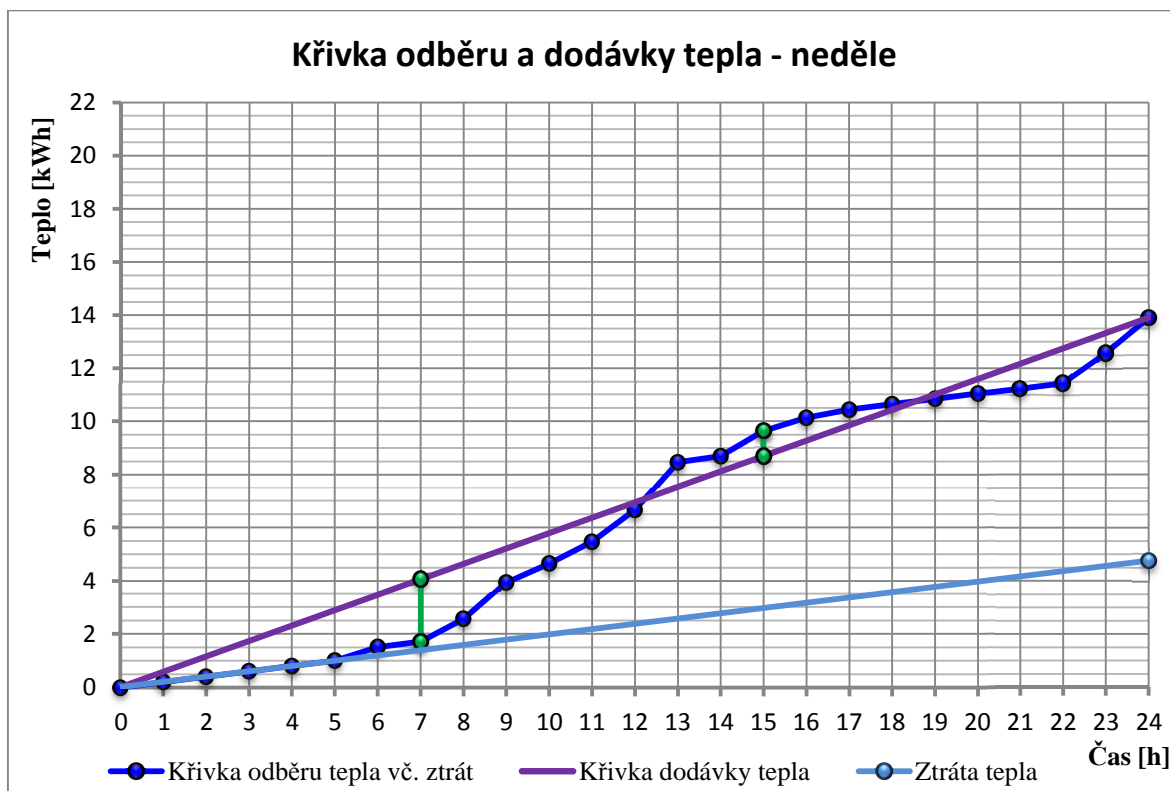
$$Q_{den} = \frac{(71,381 \cdot 252) + (50,060 \cdot 113)}{365} = 67,523 \text{ [MJ]} = 18,756 \text{ [kWh]}$$

$$V_{den} = \frac{(304,457 \cdot 252) + (222,448 \cdot 113)}{365} = 279 \text{ [l]} = 0,279 \text{ [m}^3\text{]}$$

Celková průměrná denní spotřeba teplé vody činí 0,279 m³ a průměrná denní potřeba energie na její přípravu činí 18,756 kWh.



³⁴ Rok 2012 má celkem 252 pracovních dnů a 113 víkendových dnů.

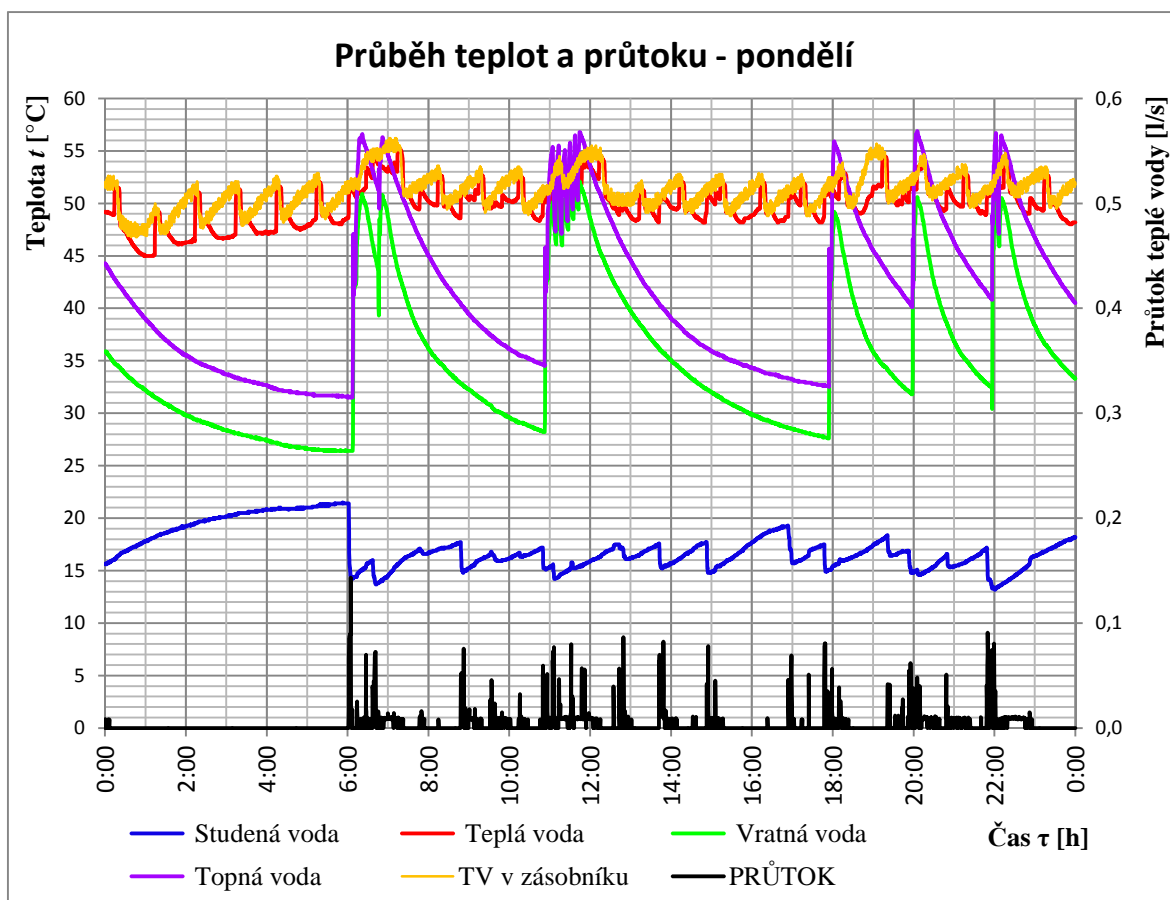
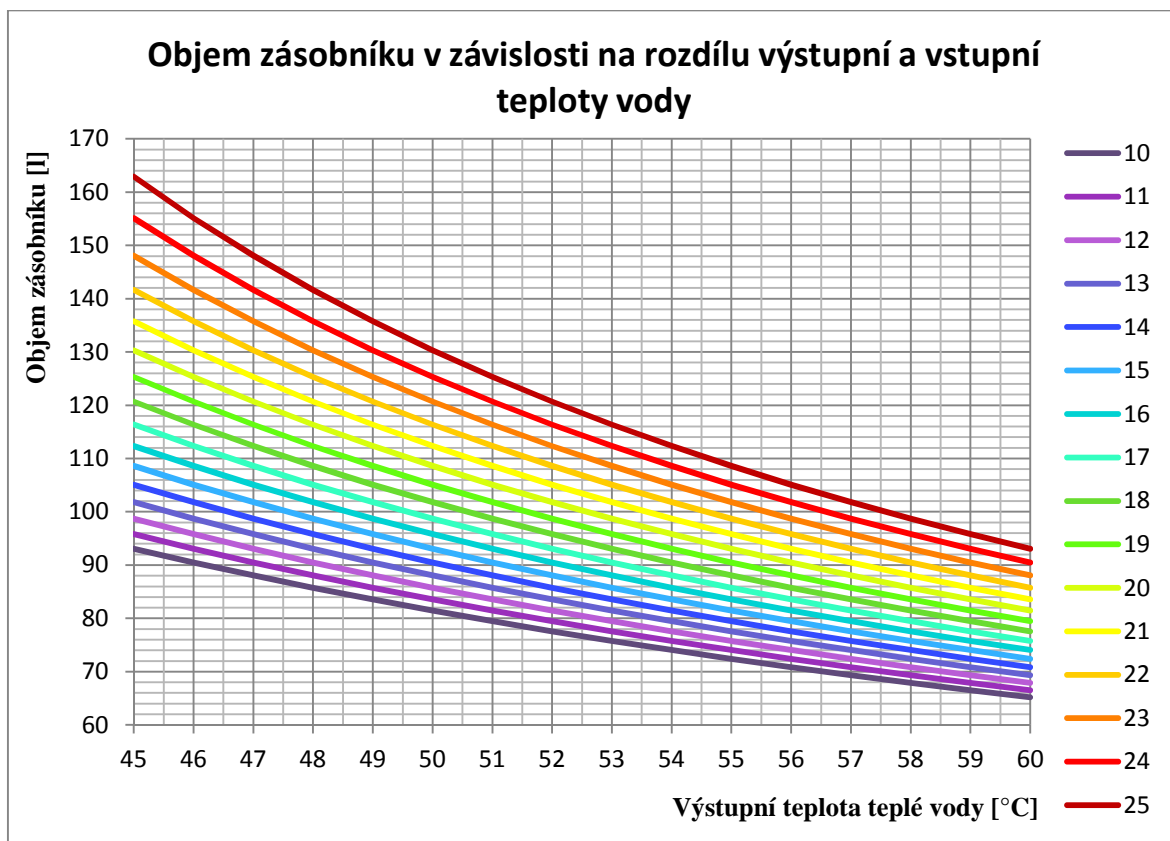


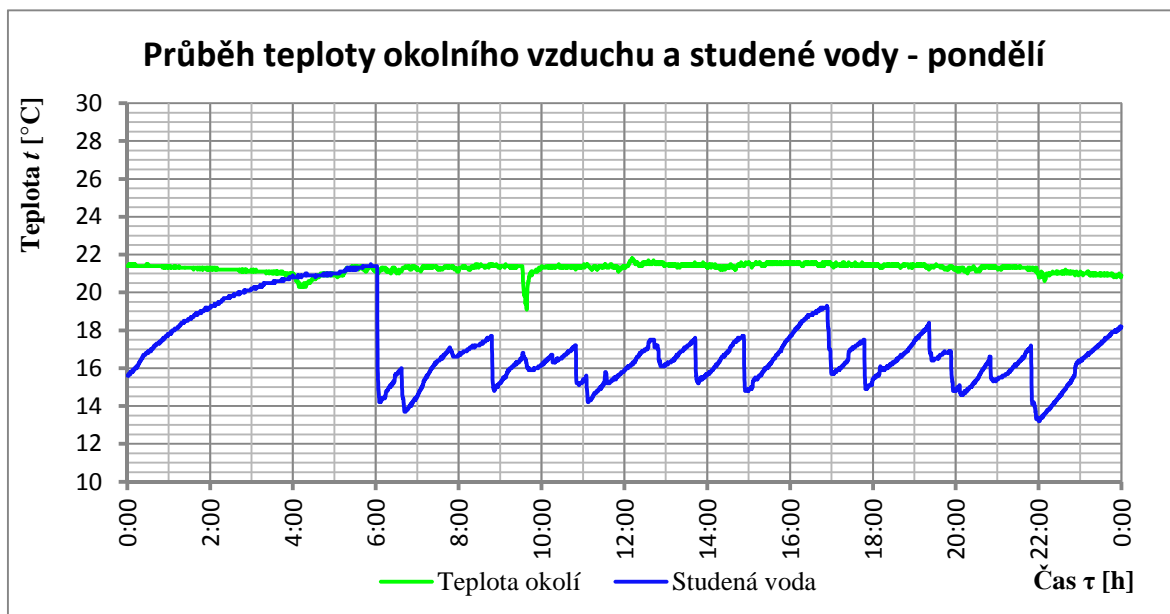
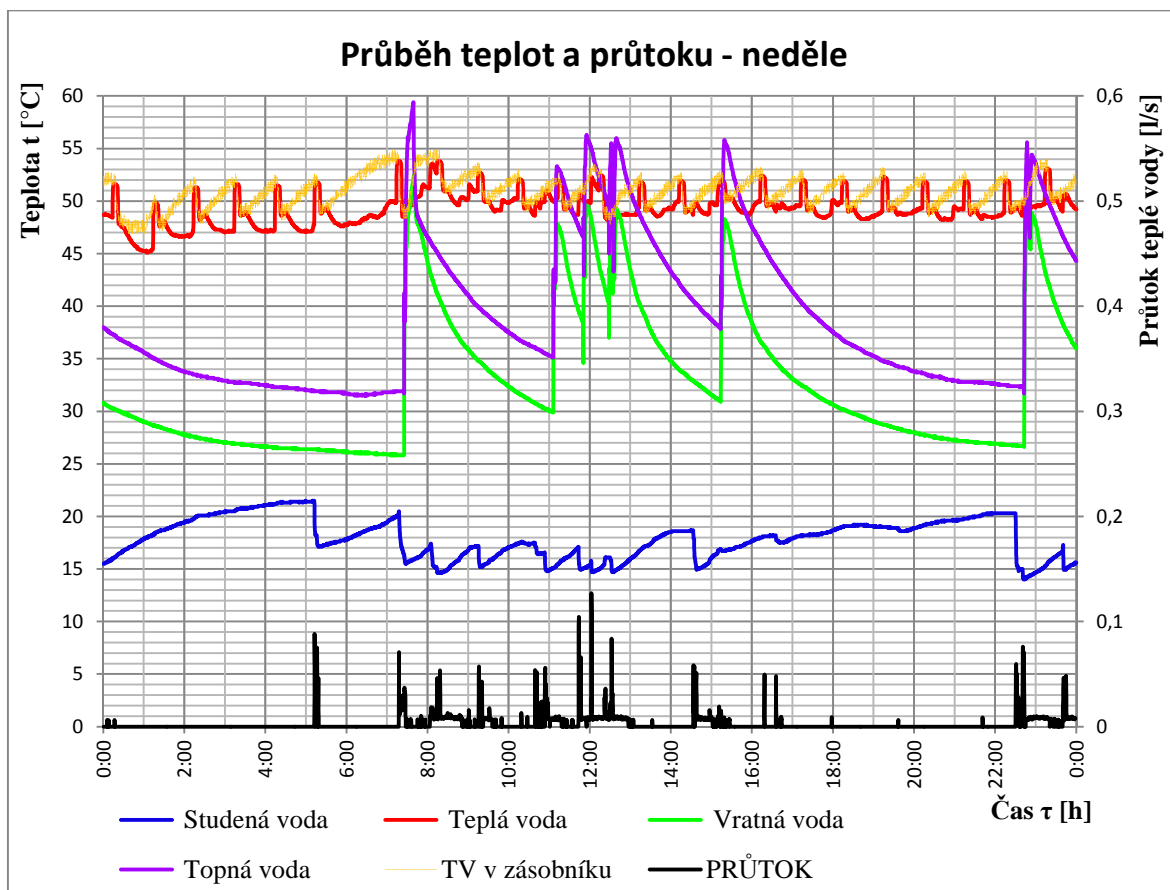
Pro porovnání je také stanoven požadovaný objem zásobníku teplé vody (předpoklad průměrné vstupní a výstupní teploty vody dle naměřených hodnot). Výpočet byl proveden pro pracovní den (pondělí), kdy je předpokládán požadavek na větší množství teplé vody v zásobníku.

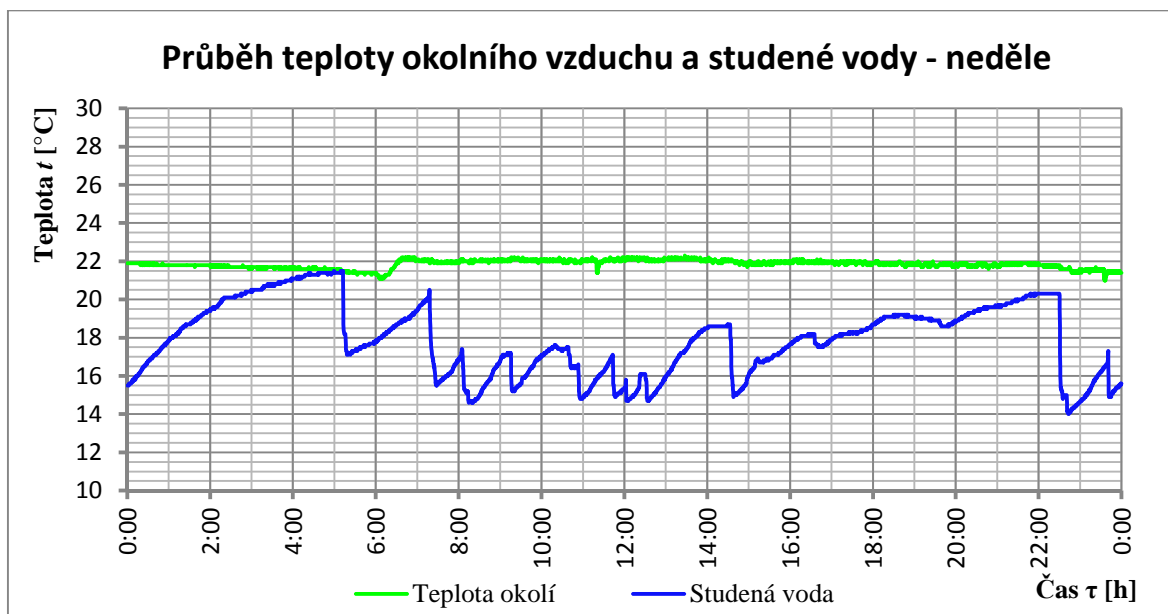
$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_1 - \theta_0)} = \frac{3,246 + 0,544}{1,163 \cdot (51 - 17)} = 0,096 \text{ [m}^3\text{]}$$

Pro názornost je zde uvedeno modelování závislosti objemu zásobníku teplé vody na vstupních a výstupních teplotách pro $\Delta Q_{\max} = 3,246 + 0,544 = 3,79 \text{ kWh}$:

Objem zásobníku teplé vody v závislosti na vstupní a výstupní teplotě [l]																
°C	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
10	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6	75,8	74,0	72,4	70,8	69,3	67,9	66,5	65,2
11	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6	75,8	74,0	72,4	70,8	69,3	67,9	66,5
12	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6	75,8	74,0	72,4	70,8	69,3	67,9
13	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6	75,8	74,0	72,4	70,8	69,3
14	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6	75,8	74,0	72,4	70,8
15	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6	75,8	74,0	72,4
16	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6	75,8	74,0
17	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6	75,8
18	120,7	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5	77,6
19	125,3	120,7	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5	79,5
20	130,3	125,3	120,7	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5	81,5
21	135,8	130,3	125,3	120,7	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7	83,5
22	141,7	135,8	130,3	125,3	120,7	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1	85,7
23	148,1	141,7	135,8	130,3	125,3	120,7	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5	88,1
24	155,2	148,1	141,7	135,8	130,3	125,3	120,7	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1	90,5
25	162,9	155,2	148,1	141,7	135,8	130,3	125,3	120,7	116,4	112,4	108,6	105,1	101,8	98,7	95,8	93,1







Roční potřeba teplé vody a tepla na její přípravu dle naměřených hodnot

Roční potřebu teplé vody a tepla pro přípravu teplé vody získáme z průměrných denních hodnot.

	Průměrná denní hodnota	
Denní potřeba teplé vody:	0,279 [m ³]	
Denní potřeba tepla na přípravu TV:	67,523 [MJ]	18,756 [kWh]

$$Q_{rok} = 67,523 \cdot 365 = 24\,646,0 \text{ [MJ/rok]} = 24,646 \text{ [GJ/rok]} = 6,846 \text{ [MWh/rok]}$$

$$V_{rok} = 0,279 \cdot 365 = 101,86 \text{ [m}^3\text{/rok]}$$

4.6. Závěr – zhodnocení výsledků

Měřením průtoku studené vody před vstupem do zásobníkového ohříváče teplé vody byla získána roční spotřeba teplé vody v dané budově na základě měření průběhu průtoku ve dvou charakteristických dnech (pro přesnější výsledek by bylo nutné provést intenzivnější měření). Tato hodnota roční spotřeby teplé vody bude dále porovnána se skutečnou spotřebou teplé vody budovy (odvozením z vodného za celý rok) a se směrnými čísly roční spotřeby vody dle vyhlášky č. 120/2011 Sb.

Tabulka č. 12 Směrná čísla roční potřeby pro RD a Kancelář

Směrná čísla roční potřeby vody dle vyhlášky č. 120/2011 Sb.	
Potřeba vody na jednoho obyvatele RD s tekoucí teplou vodou	35 [m ³ /os/rok]
Potřeba vody na očistu okolí RD	1 [m ³ /os/rok]
Potřeba vody na osobu v kancelářské budově (250 prac. dnů)	14 [m ³ /os/rok]
Potřeba vody na zalévání zahrady (okrasná i zeleninová)	16 [m ³ /100 m ² /rok]

Celková roční spotřeba teplé vody dle měření:

$$V_{rok} = 0,279 \cdot 365 = \mathbf{101,86 \text{ [m}^3/\text{rok}]}$$

Celková roční spotřeba vody v budově dle BVK za rok 2012:

$$V_{2012} = 329 \text{ [m}^3/\text{rok}]$$

Čili dle předpokladu, že roční spotřeba teplé vody dle měření je průměrná hodnota, činí podíl spotřeby teplé vody z celkové spotřeby vody v budově **30%**.

Celková roční potřeba vody dle vyhlášky č. 120/2011 Sb.:

$$V_{120/2011} = (35 + 1) \cdot 7 + 14 \cdot 5 + 16 \cdot 1 = 338 \text{ [m}^3/\text{rok}]$$

Z toho předpoklad 30 % teplá voda: **101,40 [m³/rok]**

Pro přehled byla vyčíslena roční potřeba teplé vody dle směrných čísel roční potřeby vody dle vyhlášky č. 120/2011 Sb. (s předpokladem, že teplá voda tvoří 30 % podíl z celkové potřeby vody). Do celkové potřeby vody byla také započítána potřeba studené vody na zalévání zahrádek (okrasné, zeleninové) a očista okolí domu, čili celková roční potřeba vody činí 338 m³ a z toho tedy 101,40 m³ teplé vody. Tyto vypočtené hodnoty jsou téměř totožné s předpokládanou roční spotřebou teplé vody v objektu, která činí 101,86 m³/rok.

Dále skutečný objem zásobníkového ohřívače činí 295 litrů a vezmeme-li v úvahu maximální výstupní teplotu teplé 56 °C a maximální vstupní teplotu studené vody 22 °C (dle naměřených hodnot, viz grafy „Průběhu teplot a průtoku“), činil by maximální požadovaný objem zásobníku 141,7 litrů. Objem zásobníkového ohřívače se jeví jako předimenzovaný, ale vzhledem ke skutečnosti, že výrobce daného tepelného čerpadla TC MACH IN 15,0 předepisuje jako vhodný zásobníkový ohřívač OKC 300 NTRR, bylo v realizačním projektu vyhověno požadavkům výrobce tepelného čerpadla.

Měření dále ukázalo, že teplota teplé vody v zásobníku je průměrně 51 °C po oba dva dny, kdy měření probíhalo, a na výtoku u nejvzdálenější armatury bylo naměřeno 48 °C.

Tabulka č. 13 Legislativní a normativní požadavky na teplotu teplé vody

Zdroj	Místo ohřevu	Místo odběru	Posudek
(1) Vyhláška č. 252/2004 Sb.	-	55 °C	nevyhovuje
(2) Vyhláška č. 194/2007 Sb.	-	45 – 60 °C	vyhovuje
(3) ČSN 06 0320	max. 60 °C	50 – 55 °C	částečně vyhovuje
(4) ČSN EN 806-2	-	min 60 °C	nevyhovuje
(5) ČSN 73 6660	max. 55 °C	-	vyhovuje
(6) ČSN 75 5455	min. 55 °C	$\Delta_{\max} = 3 \text{ K}$	částečně vyhovuje

(1) Teplota teplé vody na výtoku by z hygienického hlediska po odpuštění vody po dobu 1 minuty neměla klesnout pod 50 °C (optimálně by se měla teplota držet nad teplotou 55 °C). Příloha č. 2 vyhlášky č. 252/2004 Sb. tuto teplotu předepisuje zejména pro odběr vzorků pro stanovení ukazatelů teplé vody.

(2) §4 vyhlášky č. 194/2007 předepisuje teplotu teplé vody (dodávané celoročně) na výtoku 45 °C až 60 °C s výjimkou možnosti krátkodobého poklesu teploty v době odběrných špiček.

(3) V článku 5 norma ČSN 06 0320 uvádí, že teplota v místě odběru by měla dosahovat teploty 50 °C až 55 °C, výjimečně 45 – 60 °C.

(4) V národní poznámce se norma odvolává na Vyhlášku č. 152/2001 Sb. a ČSN 06 0320, ČSN 73 6660. Vyhláška č. 152/2001 Sb. předepisuje stejné požadavky jako §4 vyhlášky č. 194/2007 Sb.

(6) Norma ČSN 75 5455 předepisuje min. teplotu v místě ohřevu 55 °C, přičemž v místě výtoku nesmí teplota teplé vody poklesnout o více než 3 K oproti teplotě teplé vody v zásobníkovém ohřívači. Dle naměřených hodnot není splněna podmínka teploty teplé vody v zásobníkovém ohřívači, ale je splněna podmínka maximálního poklesu teploty v místě odběru teplé vody.

Z hygienického hlediska (1) je teplota teplé vody v místě odběru (nejvzdálenější armatura) nevyhovující. Vhodným řešením by byla regulace zdroje tepla, což by představovalo nárůst spotřeby energie (topnou vložku v zásobníkovém ohřívači lze manuálně regulovat, maximální možná nastavitelná teplota teplé vody v zásobníkovém ohřívači je 60 °C).



Obr. č. 13 Topná vložka zásobníkového ohřívače

Roční spotřeba teplé vody a tepla na její přípravu dle naměřených hodnot

Roční spotřebu teplé vody a tepla pro přípravu teplé vody získáme z průměrných denních hodnot spotřeby teplé vody.

	Průměrná denní hodnota	
Denní potřeba teplé vody:	0,279 [m ³]	
Denní potřeba tepla na přípravu TV:	67,523 [MJ]	18,756 [kWh]

$$Q_{rok} = 46,454 \cdot 365 = 24\,646,0 \text{ [MJ/rok]} = 24,646 \text{ [GJ/rok]} = 6,846 \text{ [MWh/rok]}$$

$$V_{rok} = 0,279 \cdot 365 = 101,86 \text{ [m}^3\text{/rok]}$$

Při průměrné roční spotřebě 6 846 kWh/rok a průměrné ceně 5,0 Kč/kWh, činí roční náklady na přípravu teplé vody 34 230 Kč.

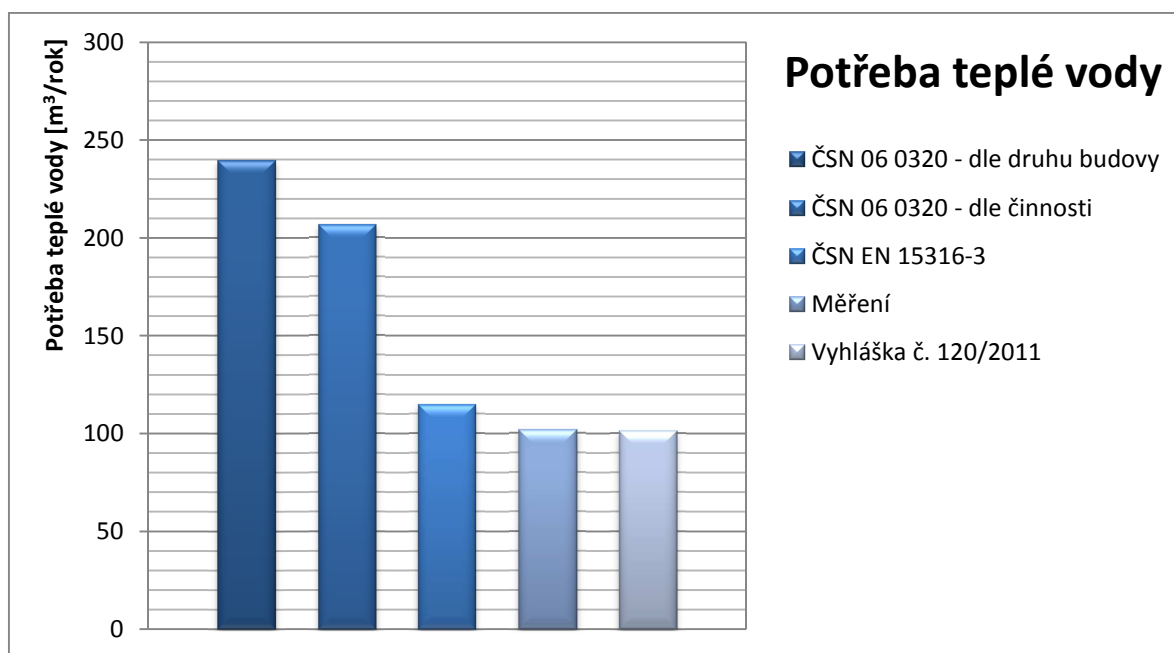
Využitím sazby D56d³⁵ je průměrná cena 2,05 Kč/kWh. Tato cena byla stanovena na základě výpisu spotřeby elektrické energie za dvě uplynulá fakturační období, kdy spotřeba ve VT činila průměrně 3,5% a spotřeba v NT potom 96,5% z celkové roční spotřeby elektrické energie. Potom roční náklady na přípravu teplé vody činí 14 035 Kč.

³⁵ Sazba D56d je dvoutarifní sazba určená pro domácnosti, které využívají pro vytápění tepelné čerpadlo, jež musí pokrýt minimálně 60% tepelných ztrát budovy. Dvoutarifní tarif se skládá z nízkého a z vysokého tarifu, kdy nízký tarif tvoří 22 hodin denně.

5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

5.1. Potřeba teplé vody

Metodika výpočtu:	Roční potřeba TV
ČSN 06 0320 – dle druhu budovy	239,75 [m ³ /rok]
ČSN 06 0320 – dle činnosti	206,57 [m ³ /rok]
ČSN EN 15316-3-1	114,80 [m ³ /rok]
Naměřené hodnoty	101,86 [m ³ /rok]
Výpočet dle vyhlášky č. 120/2011 (30% podíl připadající TV)	101,40 [m ³ /rok]



Z výše uvedené rekapitulační tabulky je patrné, že potřeba teplé vody stanovená dle normy ČSN 06 0320 je téměř dvojnásobná, čili směrná čísla potřeby teplé vody dle této normy jsou špičkové hodnoty a nejsou vhodná pro výpočet roční potřeby teplé vody.

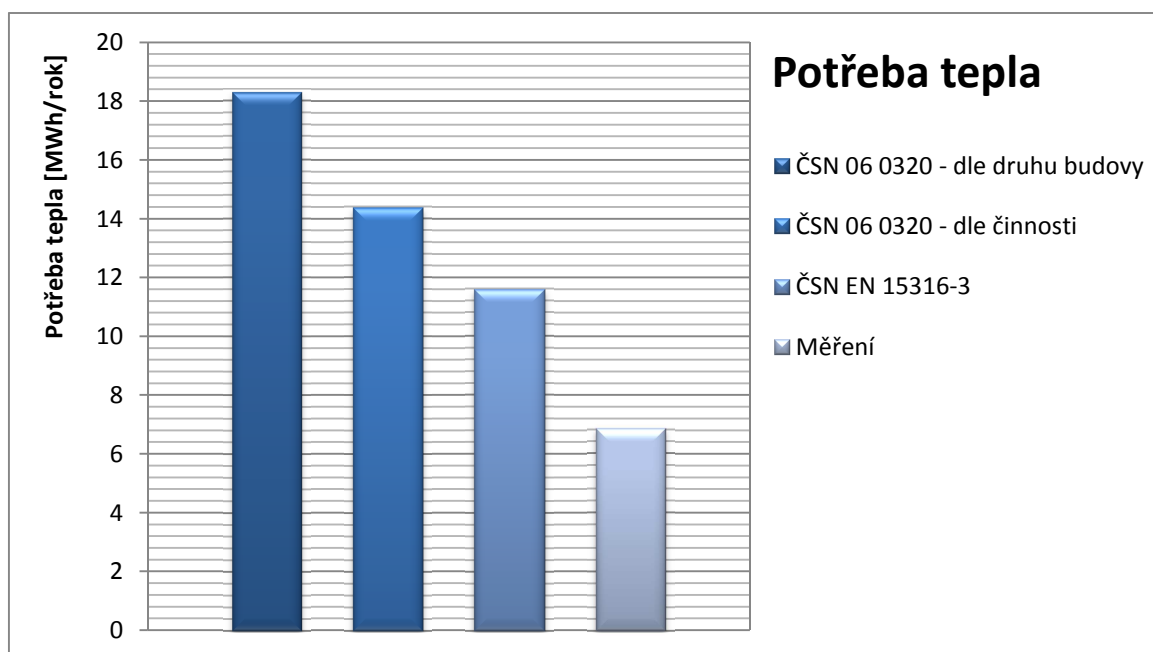
Kdežto vypočtená potřeba teplé vody podle normy ČSN EN 15316-3-1 (s použitím směrných čísel potřeby teplé vody dle [25]), kdy $V_{rok} = 114,80 \text{ m}^3$, je již srovnatelná (leč je mírně vyšší) se skutečnou spotřebou teplé vody dle měření v daném objektu, která činí $V_{rok} = 101,86 \text{ m}^3$ (pro stanovení průměrné roční spotřeby teplé vody je použito pouze jedno měření, čili skutečná průměrná roční spotřeba se může např. v řádu jednotek m³ lišit). Výpočet dle normy ČSN EN 15316-3-1 (s použitím směrných čísel potřeby teplé vody [25]) je pro stanovení potřeby teplé vody vyhovující.

Pro porovnání byla dále stanovena potřeba teplé vody na základě směrných čísel potřeby teplé vody dle vyhlášky č. 120/2011 Sb. Příloha č. 12 této vyhlášky uvádí směrná čísla potřeby vody, čili studené i teplé. Dle odstavce 4.6. je průměrná spotřeba teplé vody dané

budovy 30% z celkové spotřeby vody, čili potřeba teplé vody stanovená dle vyhlášky č. 120/2011 Sb. činí $V_{rok} = 101,40 \text{ m}^3$. Z výsledku tedy plyne, že novelizace vyhlášky č. 428/2001 Sb. v podobě snížení směrných čísel roční potřeby teplé vody bylo pro daný případ adekvátní.

5.2. Potřeba tepla pro přípravu teplé vody

Metodika výpočtu:	Roční potřeba tepla
ČSN 06 0320 – dle druhu budovy	18,293 [MWh/rok]
ČSN 06 0320 – dle činnosti	14,376 [MWh/rok]
ČSN EN 15316-3-1	11,583 [MWh/rok]
Naměřené hodnoty	6,846 [MWh/rok]



Potřeba tepla pro přípravu teplé vody se odvíjí od potřeby teplé vody, teplotního gradientu a od ztrát tepla v potrubí a v zásobníku teplé vody.

Tak jako potřeba teplé vody, tak potřeba energie pro její přípravu vypočtená dle ČSN 06 0320 je nadhodnocená, čili pro posouzení energetické náročnosti nevhodná (roční potřeba tepla je až 3x vyšší než je naměřená skutečnost).

Výpočet roční potřeby tepla dle normy ČSN EN 15316-3 je také mírně předimenzován, ale nárůst potřeby tepelné energie přikládám k možnému nadhodnocení ztrát tepla. Rozdíl roční potřeby teplé vody dle ČSN EN 15316-3 a naměřenou hodnotou činí cca 10 [m³/rok], což v přepočtu činí 0,64 MWh/rok. Při předpokladu, že naměřená roční spotřeba teplé vody je průměrná hodnota, dojdeme k závěru, že další rozdíl cca 4,0 MWh/rok je způsoben odchylkou ve výpočtu ztrát tepla z potrubí a ze zásobníkového

ohřívače (což v případě ztrát tepla z rozvodných potrubí je výpočet velmi individuální a celkové ztráty tepla z potrubí tak velmi ovlivňuje). Dle mého názoru jsou ztráty tepla z potrubí mírně nadhodnoceny a měla by se jim podrobně věnovat národní příloha.

Z ekonomické stránky by pak roční potřeba tepelné energie představovala (dle sazby D56d) 23 745 Kč, což je oproti naměřené spotřebě rozdíl cca 9 000 Kč za rok.

5.3. Objem zásobníku teplé vody

Metodika výpočtu:	Objem zásobníkového ohřívače
ČSN 06 0320 – dle druhu budovy	0,162 [m ³]
ČSN 06 0320 – dle činnosti	0,200 [m ³]
ČSN EN 15316-3	0,065 [m ³]
Naměřené hodnoty	0,096 [m ³]
Objem zásobníkového ohřívače OKC 300 NTRR	0,295 [m ³]

Pro stanovení objemu zásobníku teplé vody je nejvhodnější metodika návrhu podle normy ČSN 06 0320. Ostatní způsoby stanovení požadovaného objemu tak, aby se v zásobníku naakumulovala dostatečná zásoba teplé vody, jsou nevyhovující.

Výrobce tepelného čerpadla TC MACH IN 15,0 výslovně doporučuje zásobníkový ohřívač OKC 300 NTRR / 1 MPa s objemem 0,295 m³, tudíž se výše uvedené hodnoty jeví jako nevyhovující.

6. ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo stanovit a na závěr porovnat energetickou náročnost přípravy teplé vody v daném objektu. Energetická náročnost přípravy teplé vody byla stanovena dvěma výpočtovými metodami a experimentálním měřením, přičemž bylo nutné vytvořit výpočtový model tak, aby byl identický s modelem fyzickým.

První výpočtová metoda vychází z metodiky výpočtu objemu zásobníkového ohřívače teplé vody dle normy ČSN 06 0320. Výpočtem bylo dokázáno, že stanovení energetické náročnosti přípravy teplé vody, stejně tak jako celkové roční potřeby teplé vody, je pro hodnocení objektu v rámci ENB nevhodné.

Druhá výpočtová metoda je popsána v souboru norem ČSN EN 15316-3. Výpočet podle těchto norem z velké části vychází z německých norem DIN V 18599 a pro stanovení EN je již vhodný. Norma ČSN EN 15316-3 se detailně zabývá ztrátami tepla, např. ztrátami tepla z potrubí, ztrátami tepla ze zásobníku teplé vody i z potrubního rozvodu zdroje. Tyto ztráty jsou počítány jako denní, čili bere se v úvahu, že za den proběhne více cyklů ohřevu a chladnutí vody a tak podíl ztrát na celkové potřebě tepla je velmi výrazný (dle výpočtu až 50%).

Výpočtem a následným porovnáním výsledků je dokázáno, že v rámci hodnocení budovy pro ENB je metodika výpočtu dle ČSN EN 15316-3 vhodná a v porovnání se skutečně naměřenými hodnotami je mírně vyšší.

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Směrnice evropského parlamentu a rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov
- [2] Směrnice evropského parlamentu a rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov
- [3] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií
- [4] Zákon č. 406/2006 Sb., úplné znění zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 359/2003 Sb., zákonem č. 694/2004 Sb., zákonem č. 180/2005 Sb. a zákonem č. 177/2006 Sb.
- [5] Zákon č. 318/2011 Sb., který se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů
- [6] Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov
- [7] Vyhláška č. 187/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- [8] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- [9] Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů
- [10] Vyhláška č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů
- [11] Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- [12] Vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům
- [13] ČSN 06 0320: 2006 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování
- [14] ČSN EN 15316-3-1: 2010 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy
Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)
- [15] ČSN EN 15316-3-2: 2010 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy
Část 3-2: Soustavy teplé vody, rozvody

- [16] ČSN EN 15316-3-3: 2010 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy
Část 3-3: Soustavy teplé vody, příprava
- [17] EN 13203-2 Spotřebiče na plynná paliva pro přípravu teplé vody – Spotřebiče s tepelným příkonem nejvýše 70 kW a s objemem zásoby vody nejvýše 300 litrů
Část 2: Hodnocení spotřeby energie
- [18] ČSN EN 806-2: 2005 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě.
Část 2: Navrhování
- [19] ČSN 73 6660: 1984 Vnitřní vodovody
- [20] ČSN 75 5455: 2007 Výpočet vnitřních vodovodů
- [21] DIN V 18599-10: 2007-02
- [22] DIN V 18599-8: 2007-02
- [23] Sborník Novinky ve zdravotní technice 2011. Brno 2011
- [24] VRÁNA, Jakub. *Stanovení potřeby teplé vody a tepla pro její přípravu a rozvod podle nové ČSN EN 15316-3* [online]. 2012-07-23. Dostupné z: www.tzb-info.cz
- [25] VRÁNA, Jakub. *Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody* [online]. 2010-10-11. Dostupné z: www.tzb-info.cz
- [26] JIRÁSEK, Pavel. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Novela zákona o hospodaření energií schválená v roce 2012* [online prezentace]. 2012. Dostupná na: www.tzb-info.cz/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov/9274-zajimavosti-z-konference-tzb-info-energeticka-narocnost-budov-2013
- [27] MACHÁČKOVÁ, Adéla a Radim KOCICH. *Sdílení tepla a proudění*. Brno: Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, 2012. Učební text. ISBN 978-80-248-2576-2. Dostupné také z: <http://www.person.vsb.cz>

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ENB	Energetická náročnost budovy
EN	Energetická náročnost
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
TV	Teplá voda (dříve používaná zkratka TUV – teplá užitková voda)
BVK	Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.

9. SEZNAM PŘÍLOH

- 9.01 Půdorys 1.PP – vodovod
- 9.02 Půdorys 1.NP – vodovod
- 9.03 Půdorys 2.NP – vodovod
- 9.04 Půdorys 3.NP – vodovod
- 9.05 Axonometrie – vodovodu